

MEMOIRE

Pour l'obtention du
CERTIFICAT D'ETUDES APPRONFONDIES
VETERINAIRES
PATHOLOGIES ANIMALES EN REGION CHAUDE

Année universitaire 2005/2006

*Mise en place d'un protocole de recherche pour l'étude des pratiques de conduite
environnementales influençant l'abondance des populations de stomoxes dans les élevages
bovins laitiers réunionnais.*



Marion PANNEQUIN

Professeur responsable : Philippe JACQUIET
Réalisé sous la direction de : Philippe LECOMTE
Organisme et pays : CIRAD pôle élevage de la Réunion
Stage : avril à septembre 2006
Soutenance de mémoire : 25-26 septembre 2006





Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement



REMERCIEMENTS :

Tout d'abord un grand merci à Philippe Lecomte ainsi qu'à sa femme pour leur accueil.

Je tiens à remercier également Emmanuel Tillard qui m'a aidée à construire ce protocole malgré son propre travail.

Merci également à Claire Bissery et Jacques Bony pour m'avoir aidée à démarrer mes recherches et à m'intégrer à l'équipe CIRAD-Réunion.

Un grand merci à l'équipe du POSEIDOM du GRDSBR pour son aide précieuse, plus particulièrement Thomas Hue, Raquel Cenicerros et Pascal Bigot.

Merci également à Jérémy Bouyer, Jérémie Gilles et Marc Desquesnes pour leurs conseils d'experts.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	5
-------------------	---

Partie 1 : Contexte du stage et objectifs de l'étude

I- Le CIRAD à la Réunion, particularités de l'île	7
A- Le CIRAD Réunion : contexte du stage	7
B- Particularités de l'île de la Réunion :	8
1- Géographie	8
2- Morphopédologie	9
3- Particularités climatiques	9
4- Ressources herbagères	10
II- L'élevage bovin à la Réunion	11
A- Un élevage jeune	11
B- Problème des hémoparasitoses à la Réunion	12
III- Le problème des stomoxes à la Réunion	13
A- Généralités sur les stomoxes	13
1- Classification	13
2- Morphologie générale et biologie des Stomoxyinés	13
3- Le genre Stomoxys, diagnose d'espèce	14
a- Stomoxys calcitrans : morphologie et biologie	
b- Stomoxys niger : morphologie et biologie	
B- Stomoxes : pouvoir pathogène	17
1- Pouvoirs pathogènes directs, impacts des stomoxes	18
2- Pouvoir pathogène indirect : des vecteurs mécaniques.....	18
a- Différence entre transmission mécanique / transmission biologique	18
b- Maladies transmises par les stomoxes	19
C- . Variations des densités apparentes en stomoxes	20
IV- Objectifs de l'étude	21
A- Problème posé	21
B- Principaux objectifs.....	21
C- Cheminement de la construction du protocole	22

Partie 2 : Mise en place du protocole

I- Données épidémiologiques de l'étude.....	24
A- Population cible.....	24
B- Echantillonnage stratifié.....	24
C- Prise de contact.....	25
II- La recherche de facteurs influençant l'abondance : variables de l'étude	26
A- Les facteurs de confusion, indépendants des facteurs recherchés	26
B- Les animaux de l'exploitation	27
C- Le logement et l'environnement.....	27
D- L'alimentation	28

E-	Les effluents d'élevage.....	28
F-	Les méthodes de lutte employées.....	28
G-	L'environnement direct de l'élevage	31
1-	Présence de parasites de stomoxes.....	31
2-	Schéma de l'élevage	32
H-	Autres facteurs	33
III-	Les données recherchées en dehors du questionnaire d'enquête : les données géoréférencées	34
A-	Système d'informations géographiques : SIG sous Arcview 3.1 :	34
B-	Le facteur végétation :.....	34
C-	Facteur « voisins directs » :.....	37
D-	Les pratiques d'élevage observées : schéma de l'élevage.....	38
E-	Bilan	39
IV-	Protocole d'évaluation de l'abondance en mouches	40
A-	Choix de la méthode de piégeage : problème posé	40
B-	Méthodes existantes :	42
1-	coups de pattes : indicateur de l'activité des stomoxes.....	42
2-	nombre moyen de diptères par animal :	42
3-	captures, recaptures :.....	42
4-	piégeage avec piège à glossines.....	42
5-	piégeage avec fil à colle	43
6-	avantages et inconvénients de chaque méthode	44
7-	Discussion	45
C-	Essai exploratoire des fils de colle : du 27 juin au 12 juillet.....	46
1-	Objectif	46
2-	Matériels et méthodes	46
3-	Résultats	49
4-	Analyses statistiques	50
5-	Résultats supplémentaires de septembre : du 4 au 14 septembre.....	50
6-	Discussion	51
B-	Le piégeage	52
C-	Le comptage	53

Partie 3 : Supports de collecte et d'analyse Moyens humains et matériels

I-	Le questionnaire	56
II-	Analyses statistiques prévues : utilisation de l'analyse des correspondances multiples	56
III-	Elaboration de la base de données.....	57
IV-	Moyens humains et matériels.....	57
V-	Planning prévisionnel.....	57
	DISCUSSION GENERALE	58
	CONCLUSION	59
	BIBLIOGRAPHIE	60

INTRODUCTION

A la Réunion, l'élevage bovin a connu à partir du XXe un développement accéléré, et ce surtout depuis la mise en place de l'aménagement des Hauts (région d'altitude de l'île). L'élevage laitier, qui ne représente qu'une ou deux générations d'éleveurs, a évolué très rapidement. Les activités de recherches menées depuis plus de 15 ans au CIRAD de la Réunion sont dirigées vers les principaux problèmes liés aux particularités climatiques de la région et à l'insularité. Il s'agit surtout pour l'élevage des problèmes d'alimentation et de fourrages, de maîtrise de la reproduction et des problèmes sanitaires. En ce qui concerne ces derniers, les hémoparasitoses représentent la première cause de mortalité à la Réunion. L'anaplasmose qui en fait partie, a été en 2000 responsable de 67% des morts par hémoparasitoses. La filière laitière est la plus touchée : sur 67% des mortalités 72% concernait les races laitières contre 28% pour la filière viande en 2000. Un programme d'éradication de l'anaplasmose et des babésioses à l'île de la Réunion (le programme POSEIDOM vétérinaire) a donc été mis en place en 1994. La lutte anti-stomoxes combine 4 moyens de lutte principaux : (1) la lutte chimique, qui consiste à traiter les animaux à l'aide d'un insecticide (la deltaméthrine) mais qui peut conduire à l'apparition de résistances (*N. Ehrhardt, 2006*), (2) la lutte biologique qui consiste à effectuer des lâchers de micro hyménoptères, (3) la lutte mécanique qui consiste en la capture des vecteurs à l'aide de pièges et de fils de colle, et enfin (4) la lutte environnementale, qui elle consiste à mieux gérer les effluents et à rendre peu propice l'environnement de l'élevage à la ponte.

Les pullulations de stomoxes sont remarquables sur l'île, et le transfert d'agents pathogènes à partir d'un hôte infecté vers un hôte sain est largement assuré par ces derniers (*Lefèvre P.C., 2000*), qui constituent de par leur morphologie d'excellents vecteurs mécaniques (*Camus E. & Uilenberg G., 2000, Desquesnes, 2005*). Deux espèces de stomoxes cohabitent à la Réunion : *Stomoxys calcitrans* (Linné 1758) et *Stomoxys niger niger* (Macquart 1851). Outre leur rôle certain dans la transmission d'hémoparasitoses, ils ont un impact considérable sur la productivité des animaux, en particulier en période humide, en raison du harcèlement qu'ils infligent aux bovins et de la spoliation sanguine.

C'est dans un contexte de lutte intégré que vient se greffer cette étude « environnement et stomoxes ». En effet, le fonctionnement d'un système vectoriel est souvent très complexe, et son efficacité largement dépendante des conditions environnementales. Les différents stades du cycle biologique des insectes sont dépendants de l'environnement dans lequel ils évoluent (*Andrewartha & Birch, 1954*). Les paramètres environnementaux tels que la température et l'humidité, ou les interactions comme la prédation et la compétition, peuvent agir directement sur la survie, la durée des différentes étapes du cycle, ainsi que sur la fécondité des individus (*Gilles J., 2005*). Ces différents traits ont une influence directe sur la démographie des espèces et donc sur la densité des populations d'insectes.

Nous essayerons donc, dans la continuité de l'étude de J. Gilles (2005), de mettre en évidence les principaux facteurs environnementaux et les pratiques d'élevages associés à la pullulation des stomoxes. En effet, même s'il est admis et certain que de mauvaises conditions sanitaires et une mauvaise gestion du fumier entraîne des quantités extraordinaires de stomoxes en saison humide, il est sans conteste important qu'une étude comparative des élevages le prouve, et quantifie cette importance de la gestion et des pratiques d'élevage. En outre, des facteurs de pullulation peu incriminés ou non soupçonnés jusqu'alors pourront être dégagés, et déboucher sur une optimisation de la lutte environnementale. La finalité de cette étude sera de restituer aux éleveurs les résultats, en leur montrant l'importance de la lutte intégrée et le degré d'implication de l'environnement de l'élevage dans l'abondance en stomoxes.

Ce mémoire porte sur la réalisation du protocole de cette étude, étape indispensable au bon déroulement des enquêtes et des visites d'élevages. Dans un contexte insulaire et tropical, nous expliquerons le choix de l'échantillonnage, les variables environnementales recherchées, et nous expliquerons également la construction des supports de collecte et d'analyse des données de terrain.

Partie 1

CONTEXTE DU STAGE

OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le CIRAD Réunion
Particularités de l'île

-

L'élevage bovin à la Réunion

-

Le problème des stomoxes à la Réunion

-

Objectifs de l'étude

I- Le CIRAD à la Réunion, particularités de l'île

A- Le CIRAD Réunion : contexte du stage

L'étude sera menée au CIRAD de la Réunion à Saint-Pierre (Ligne Paradis), au pôle élevage.



Le CIRAD de la Réunion a plusieurs domaines d'activités de recherches qui sont :

- La canne à sucre
- Les fruits, légumes et plantes aromatiques
- L'agriculture durable, environnement et forêt
- L'élevage
- La protection des plantes
- L'agroalimentaire.

Le pôle élevage de Saint-Pierre a pour rôle principal d'accompagner le développement de l'élevage bovin sur l'île, en collaboration avec les organismes en place : le GRDSBR (Groupement Régional de défense sanitaire des bovins à la Réunion), la SICALAIT (Société d'Intérêt Collectif Agricole en Lait), l'EDE...

Ses principales actions touchent les domaines suivants : (cf. site internet : <http://www.cirad.fr/reunion/recherche>)

- La gestion des ressources fourragères et l'amélioration des performances zootechniques
- **Les approches écopathologiques et les facteurs de risque de l'infertilité en élevage bovin laitier**
- L'alimentation, la pathologie et la qualité du lait
- La modélisation du fonctionnement technique et économique et des flux dans les exploitations laitières
- Les pratiques gestionnaires et modèles de décision en élevages allaitants

Ses objectifs sont de :

- Répondre aux questions liées à la gestion des fonctions multiples de l'élevage
- Produire et mettre en œuvre des références et des outils innovants pour améliorer la conduite des systèmes d'élevage de qualité

- Associer étroitement les acteurs de la filière: éleveurs, services d'appui, professionnels et chercheurs dans l'élaboration et la mise en oeuvre de connaissances nouvelles

Le projet et le déroulement de cette étude devront donc rester dans les limites de ces objectifs, c'est-à-dire apporter un appui scientifique aux acteurs de la filière et mettre en œuvre un « outil » pour la lutte anti-stomoxes, en collaboration avec les organismes en place, notamment le GRDSBR en ce qui concerne la santé animale.

Voyons maintenant les particularités de cette région et de cet élevage bovin. Quelles sont à l'heure actuelle les attentes de la filière et des professionnels ?

B- Particularités de l'île de la Réunion : (d'après *Raunet*, 1991 ; *Blanfort*, 2000)

La géographie et le climat de l'île, tous deux très contrastés, sont importants à définir pour comprendre les particularités de l'élevage bovin réunionnais.

1- Géographie :

L'île est située dans l'océan indien par 55°3 de longitude Est et 21°5 de latitude Sud, au-dessus du tropique du Capricorne (300km). La Réunion est à 210 km de l'île Maurice, à 800km de Madagascar. Cette île volcanique a une superficie de 2512km² et culmine à 3069m au Piton des Neiges.

Avec Maurice et Rodrigues, elle forme l'archipel des **Mascareignes**, le groupe d'îles le plus méridional de l'océan Indien tropical (cf. figure 1).



Figure 1 : Archipel des Mascareignes

(Source: <http://www.comores-online.com/mwezinet/decouvrir/geographie.html>)

2- Morphopédologie :

La géologie de la Réunion repose surtout sur son origine volcanique. Elle est caractérisée par une topographie et une pédologie contraignante pour l'agriculture et l'élevage bovin (cf. figure 2). **L'élevage bovin se situe dans les zones délaissées par les autres activités agricoles.** Le littoral, centre économique de l'île est lui accès sur l'industrie sucrière (canne) et touristique.

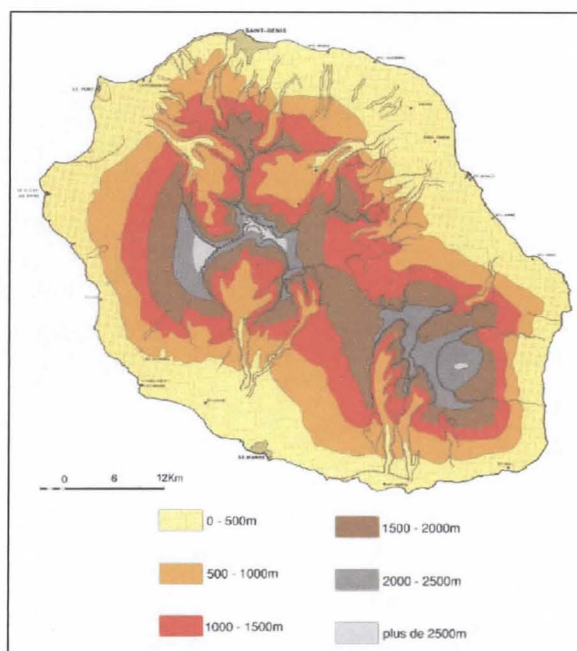


Figure 2 : Carte hypsométrique de la Réunion (Raunet, 1991).

La Réunion est constituée de deux volcans boucliers imbriqués. Le piton des Neiges (3069 mètres) est profondément entaillé dans sa région centrale par trois larges excavations d'effondrement, les cirques. Ses flancs sont constitués de planèzes inclinées vers l'océan en pentes de 10 à 30% ; les **Hauts de l'Ouest, une des principales zones de pâturage et d'élevage, en fait partie** (cf. figure 6).

Le piton de la Fournaise (2632 mètres) est un volcan toujours en activité (la dernière activité date de septembre 2006). L'effondrement entre les deux massifs forme deux plaines d'altitude, la **plaine des Cafres** et la **plaine des Palmistes**, qui constituent deux autres zones herbagères importantes. Le dernier secteur consacré à l'élevage, les **Hauts de Saint-Joseph**, occupe la partie au sud du volcan.

3- Particularités climatiques :

Le climat de la Réunion est un climat tropical humide contrasté, du fait de sa position géographique et de son relief accentué. L'**hiver austral** (saison fraîche) se déroule de **mai à novembre**, et est caractérisé par la présence de l'anticyclone de l'océan Indien, qui engendre des vents d'Est dominants (les alizés). Pendant l'**été austral de décembre à avril**, l'air est chaud et humide, les précipitations intenses et les vents violents. C'est à cette saison que peuvent survenir les cyclones.

De plus ces grandes tendances doivent être nuancées : en effet du fait d'un important gradient altitudinal, on passe d'un milieu plutôt tropical humide sur le littoral à un milieu plutôt

tempéré en altitude (cf. figures 3 et 4). Les pluies sont de plus inégalement réparties toute l'année (cf. figure 3 et 5), la côte au vent (côte Est) bénéficie de précipitations toute l'année, **la plaine des Cafres** et la **plaine des Palmistes** sont caractérisées par des saisons très pluvieuses, alors que la côte sous le vent (côte Ouest) a des minimums de 500mm par an.

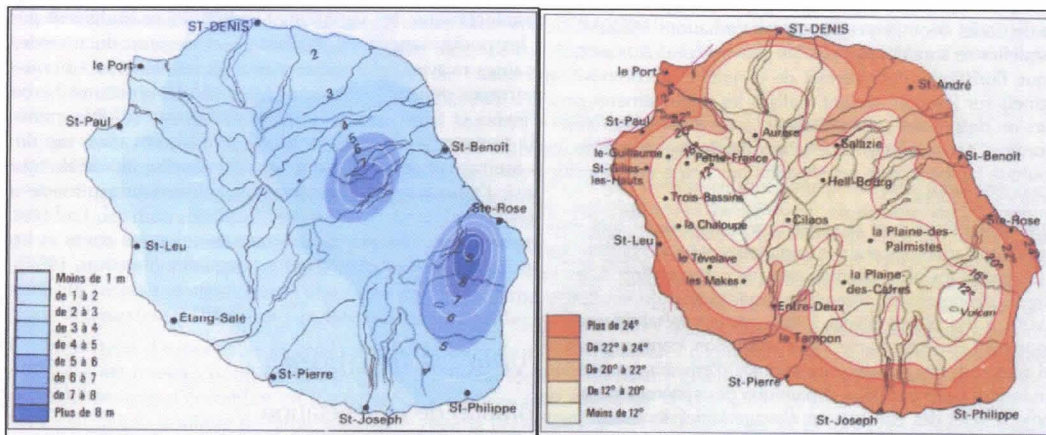


Figure 3 (à gauche) : Isohyètes moyennes annuelles de la Réunion pour la période 1951-1980.

Figure 4 (à droite) : Isothermes moyennes annuelles de la Réunion pour la période 1951-1980 (d'après Bertile, 1987).

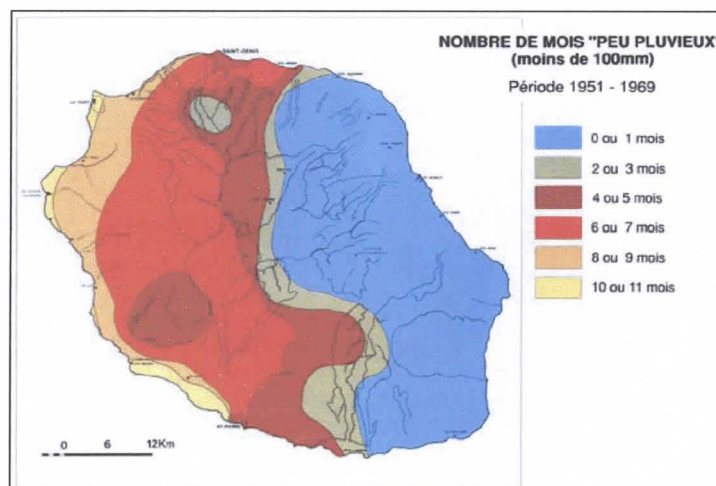


Figure 5 : Saisons pluvieuses contrastées (Raunet, 1991).

4- Ressources herbagères :

Ces tendances climatiques ont une répercussion immédiate sur la gestion des ressources herbagères. En effet on observe des différences saisonnières de la croissance végétative, et des différences d'efficacité des engrais. On arrive donc à une production d'herbe différente en terme qualitatif et quantitatif au cours de l'année, créant des situations de **déséquilibres alimentaires**. Mais la diversité climatique spatiale compense quand même cette situation.

II- L'élevage bovin à la Réunion :

A- Un élevage jeune :

La présence de bovins sur l'île est ancienne mais leur élevage lui est plutôt **récent**. En effet il a commencé à s'organiser au XVIII^e siècle. Au XX^e siècle, les zébus ont été remplacés par des races à viande et des races laitières, importées principalement de métropole. En 1946, au cours de la départementalisation, des plans de relance de l'élevage bovin se sont mis en place et se sont traduits, avec l'aide de la Région et de l'Union Européenne, par des progrès rapides et considérables de l'élevage ainsi que par une organisation professionnelle de la filière (Mandret, 2000).

Cette professionnalisation s'exprime par la création en 1962 de la SICALAIT (Mandret, 2000). La SICALAIT (Société d'Intérêt Collectif Agricole en Lait) rassemble aujourd'hui un grand nombre de producteurs de lait. Elle est chargée de **collecter et de commercialiser la production**. Elle a aussi un rôle de représentation et de défense des intérêts de la profession. Puis le SUADER (Service d'Utilité Agricole et de Développement de l'Elevage Réunionnais) est créé par la chambre d'agriculture. Il sera agréé en 1976, en tant qu'Etablissement Départemental d'Elevage (EDE), pour le contrôle des performances, le contrôle laitier et l'identification des animaux (Mandret, 2000).

On assiste également à une organisation des producteurs de viande. La SICAREVIA (Société d'Intérêt Collectif Agricole Réunion Viande) qui regroupe les principaux producteurs a pour objectif d'assurer l'approvisionnement de l'île en viande bovine.

Comme nous l'avons évoqué ci-dessus, les contraintes écologiques des zones d'altitude de l'île de la Réunion constituent l'un des critères majeurs de l'essor de l'élevage dans ces zones, de préférence à d'autres activités agricoles (Blanfort, 2000). C'est pourquoi **l'élevage bovin se concentre aujourd'hui à la plaine des Cafres, la plaine des Palmistes, les Hauts de Saint-Joseph et les Hauts de l'Ouest** (cf. figure 6).

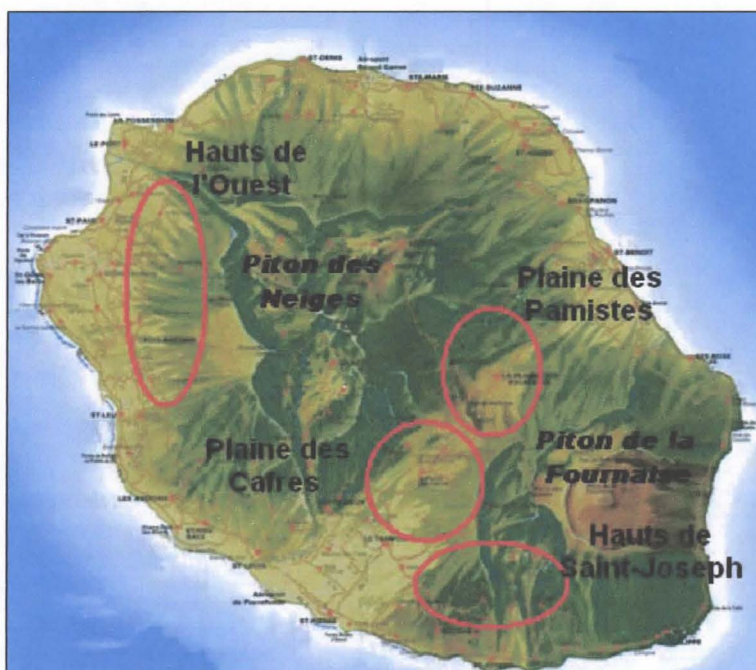


Figure 6 : Principales zones d'élevages de la réunion

Le développement de l'élevage bovin reposait, avant tout, sur des systèmes herbagers pour l'alimentation des animaux. Puis, en raison du déficit fourrager hivernal, la Réunion s'est orientée vers l'ensilage d'herbe. A la fin des années 90 on assiste aussi à une mobilisation de ressources fourragères dans la zone de canne (cf. figure 16). **La canne** (sous forme de paille ou en vert) va permettre d'accroître les productions animales.

Ces 25 dernières années dans les Hauts de la Réunion on est passé d'un système semi-extensif fondé sur le pastoralisme à l'**intensification** de l'élevage, et ce sous l'influence des organismes professionnels et des pouvoirs publics. Cette intensification concerne l'amélioration génétique des animaux, l'amélioration sanitaire, l'élevage hors-sol. La production de l'élevage bovin a effectivement doublé en valeur marchande depuis 1981, mais il semble que malgré tous les efforts qu'a réalisés ce secteur sa part par rapport aux autres produits animaux ne représente toujours que 15% (*Mandret, 2000*). Il semble que la Réunion ait atteint un seuil en matière de développement de l'élevage bovin. S'il est vrai que les surfaces pour cette activité sont limitées, le potentiel de développement n'est pas atteint pour autant, car des voies d'amélioration sont techniquement possibles.

B- Principales causes de mortalité à la Réunion :

Les hémoparasitoses étaient en 2000 la principale cause de mortalité à la Réunion. Le tableau1 représente les résultats du Réseau d'Epidémiologie et de Surveillance de l'Ile de la Réunion (RESIR). Elles restent depuis six ans les premières causes de mortalité sur l'île.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1 ^{er} trim. 2006
Hémoparasitoses	17%	15%	15%	18%	17%	12%	13%
Pathologies digestives	16%	18%	17%	13%	16%	13%	12%
Infections	10%	11%	9%	14%	11%	11%	13%
Accidents	12%	14%	18%	13%	12%	11%	15%
Entérotoxémie	8%	6%	4%	4%	5%	5%	4%
Pathologies pulmonaires	8%	10%	5%	8%	6%	5%	5%
Pathologies de la reproduction	7%	11%	12%	9%	7%	8%	8%
Pathologies de la mamelle	2%	1%	2%	1%	1%	1%	2%
Pathologies infectieuses	3%	1%	2%	3%	2%	0,5%	0%
Misère physiologique	6%	4%	8%	8%	9%	14%	15%
MLRC	2%	2%	1%	0%	1%	1%	0%
Non classés	5%	4%	4%	5%	5%	13%	9%
Pathologies nerveuses	0%	0%	1%	1%	0%	0,5%	0%
Pathologie des organes digestifs annexes	4%	2%	3%	3%	7%	3%	4%

Tableau 1 : pourcentage relatif des principales causes de mortalité, par an, depuis 2000 (données RESIR)

III- Le problème des stomoxes à la Réunion :

A- Généralités sur les stomoxes

1- Classification :

Classe : Insectes

Sous-classe : Ptérygotes

Ordre : Diptères

Sous-ordre : Brachycères

Famille : Muscids

Sous-famille : Stomoxyinae

Genre : Stomoxys

2- Morphologie générale et biologie des Stomoxyinés :

Les Stomoxyinés sont, pour les espèces les plus importantes en élevage, connus sous le nom de mouches des étables (stable flies) ou mouches-bœuf (terme créole), mouches des buffles (buffalo flies), mouches des cornes (horn flies).

On ne s'attardera que sur les caractéristiques morphologiques importantes pour la connaissance de l'espèce et pour la réalisation de cette étude. En effet la morphologie des insectes conditionne leur **rôle de vecteur** (pièces buccales : solénophage ou telmophage), la **réaction à la piqûre** (interruption du repas par la réaction de l'hôte et donc transmission d'agents pathogènes), le **volume de sang** transmis (nombre d'agents pathogènes transmis d'un hôte à l'autre), et leur **identification** (*S. niger* ou *S. calcitrans* dans cette étude). (Desquesnes, 2005).

L'apparence générale est celle de la mouche domestique (*Musca domestica* Linnaeus) et des espèces apparentées, mais les pièces buccales suceuses sont remplacées par un appareil perforant, le proboscis (cf. figure 7, et annexe 1), de type solénophage. Les stomoxes étant assez « turbulents » (ils changent d'hôte assez facilement durant un repas), munis de cet appareil perforant ils sont d'**excellents vecteurs mécaniques**.

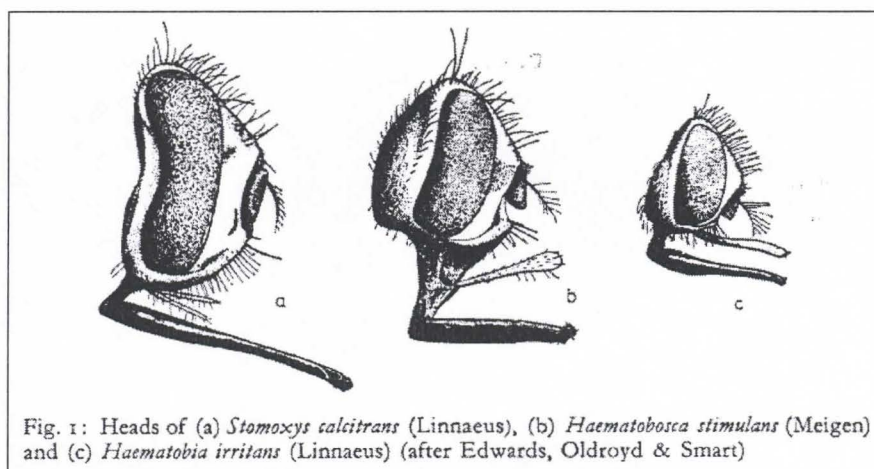


Figure 7 : têtes de Stomoxyinés (Zumpt, 1973) ; a : tête de *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus).

L'index frontal est une caractéristique importante, en effet le mâle se distingue de la femelle par un écartement des yeux au sommet de la tête plus faible (cf. figure 8 et 9).

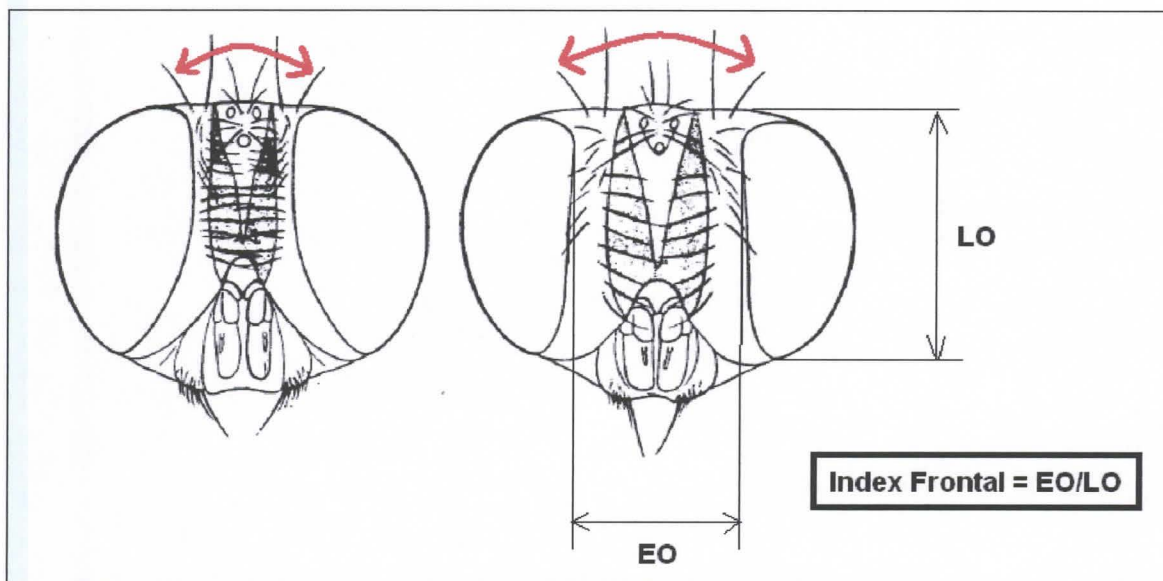


Figure 8 : écartement des yeux chez le mâle et la femelle de *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus) (Schéma réalisé à partir d'un schéma de Zumpt, 1973).



Figure 9 : *stomoxys niger*, espace inter loculaire mâle et femelle (photo de Desquesnes, 2005)

Plusieurs caractéristiques morphologiques (disposition des poils, ...) ont eues une importance taxonomique, mais nous ne rentrerons pas dans les détails (cf. *The Stomoxyinae Biting Flies of the World*, Zumpt, 1973).

3- Le genre *Stomoxys*, diagnose d'espèce : (d'après Zumpt, 1973)

Le genre *Stomoxys* contient 18 espèces, bien distinctes et caractérisées. Le genre a une origine très ancienne, mais une espèce semble assez cosmopolite : *Stomoxys calcitrans*. Dans beaucoup de zones tempérées, cette espèce est considérée comme inféodée à l'homme (*the « stable fly »*).

En ce qui concerne les deux espèces présentes à la Réunion, on peut dégager des différences morphologiques et biologiques, qui peuvent avoir une certaine importance dans notre enquête (cf. annexes 1 et 2 et figure 10).

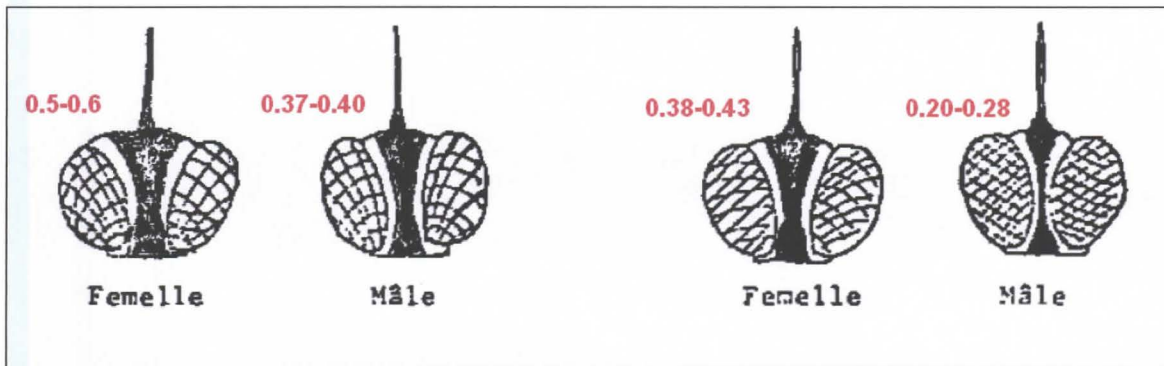


Figure 10 : écartement des yeux (index frontal) chez *S. calcitrans* et *S. niger*, (d'après N. Barré, 1981).
D'après Zumpt, en rouge, valeurs des index frontaux.

Il est à noter que l'index frontal de *S. calcitrans* mâle est très élevé, d'après Zumpt (1973) il s'agit d'un trait de caractère important pour la diagnose d'espèce, car ceci ne se retrouve chez aucune autre espèce de Stomoxyinés.

a- *Stomoxys calcitrans* : morphologie et biologie : (cf. annexe 1 et 2)

Cycle (6 stades) : œuf, trois stades larvaires, nymphe, adulte

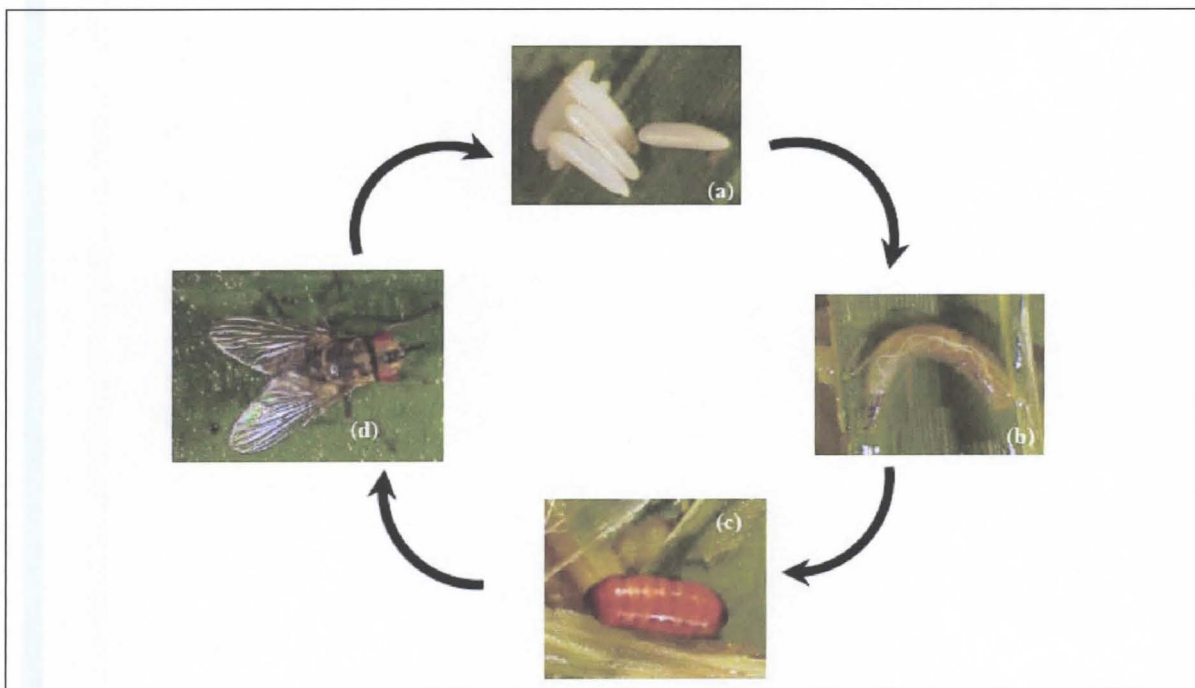
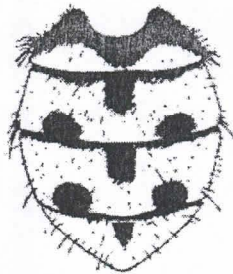


Figure 11 : cycle de *S. calcitrans*, d'après J. Gilles (2005)

Morphologie :

En ce qui concerne les motifs abdominaux, il existe une variabilité individuelle mais la diagnose entre les deux espèces reste aisée (cf. annexe 1 et photo 4). *S. calcitrans* mesure 4 à 7 mm, possède un abdomen ponctué de taches noires de forme arrondie, bien séparées, et un trait noir médian discontinu (en « pointillés ») plus large que celui de *S. niger* (Zumpt, 1973 ; Barré, 1981).



Sites de ponte :

D'excellentes études ont été menées en Egypte par Hafez et Gamal-Eddin (1959, 1961, 1963) et ont montré que durant la période chaude la reproduction avait lieu principalement en milieu « ouvert » et dans des endroits ombragés. La matière de prédilection pour les sites de ponte est la **bouse de vache ou le crottin de cheval, mélangés à de la paille et de l'urine**, et pour une température comprise entre 22 et 28°C. **Les fèces pures ne semblent par contre pas attractives pour l'oviposition.** Les

mélanges de paille, coupe de gazon et de végétaux en décomposition (laissés en milieu humide) semblent également être un milieu de prédilection. Barré retrouve ces sites de prédilection lors de sa mission à la Réunion (Barré, 1981). Les études menées en Egypte ont aussi montré l'existence de larves sous des feuilles mortes (forêts) dans les sols meubles. Pendant la saison froide *Stomoxys calcitrans* se reproduit volontiers et préférentiellement à l'intérieur des étables, et abandonne les sites de ponte extérieurs et recherche des sites à l'abri. En milieu tropical cependant (cas de la Réunion) la reproduction perdure au même endroit. L'oviposition a donc lieu dans la litière, sites constitués de mélanges de paille, fèces, d'urine, refus alimentaires, fourrages (Gilles J., 2005).

Le milieu de ponte doit être lâche et poreux pour permettre l'oviposition et le développement des larves. Le milieu de ponte de *Stomoxys calcitrans* est donc de manière générale **toute matière organique en décomposition, surtout si elle est mélangée à de la matière fécale.**

Hôtes :

Les espèces attractives sont par ordre décroissant les chevaux, les ânes, puis les buffles d'eau, bovins et chameaux. Les ovins sont les moins favorisés (Zumpt, 1973).

Hafez et Gamal-Edin ont également étudié l'activité diurne des stomoxes, à 30°C, l'attaque est maximale, alors qu'à 14°C ou au dessus de 34°C, les stomoxes sont moins attirées par les animaux et cherchent des températures moins extrêmes.

Enfin les adultes sévissent aussi bien dans les pâtures que dans les étables.

Accouplement :

L'accouplement a normalement lieu en quelques fractions de seconde en vol, le mâle peut copuler avec plusieurs femelles, alors que cette dernière ne peut à priori s'accoupler qu'une seule fois. **Les adultes ont besoin d'effectuer un repas sanguin avant la reproduction** qui a lieu trois à cinq jours après leur émergence. La durée de vie des adultes est estimée à environ **2 à 4 semaines**. Bien que l'activité des stomoxes connaisse des pics saisonniers, elle est permanente.

Ponte, développement :

Le nombre moyen d'œufs pondus dépend de la température, atteint 120 à 25°C, et 200 à 30°C. Le développement des œufs est compris entre 19h et 120h (Simmons, 1944), mais à basse température, il peut s'étendre à plusieurs semaines. Le taux d'éclosion est variable, de 3,6 à 96,9%.

La ponte a lieu en moyenne au bout de 8j, le nombre de dépôts et d'œufs dépend des auteurs, la durée des stades larvaires est de 7-8j, et la pupaison de 5j. La température a cependant un effet sur le développement des stades larvaires (Berry & Kunz, 1978 ; J. Gilles, 2005).

Repas :

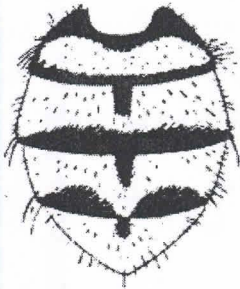
Les stomoxes sont hématophages et la durée du repas est de 7 min à 30°C et 15 min à 21°C (Zumpt, 1973). La prise d'un repas de sang complet dure en moyenne de 2 à 30 minutes selon les espèces et la saison (Hafez & Gamal-Eddin 1959b, Kunz & Monty 1976, Lysyk 1995, Schofield & Torr 2002).

Les repas peuvent être entrecoupés, et complétés de repas autres que sanguins (fruits en décomposition, liquides végétaux). Chez les deux espèces **les deux sexes sont hématophages**, le sang est **nécessaire à la reproduction** mais ces mouches peuvent survivre en s'alimentant de nectar et de pollen (Foil et al., 1994).

b- Stomoxys niger : morphologie et biologie

Morphologie :

S. niger quand à lui mesure 5 à 7 mm. C'est une espèce assez variable, surtout en ce qui concerne sa coloration. Il possède un abdomen rayé de bandes noires perpendiculaires à l'axe du corps et un trait noir médian continu, en comparaison avec *S. calcitrans* (Zumpt, 1973 ; Barré, 1981). Les palpes maxillaires de *S. niger* mesurent le double de ceux de *S. calcitrans* (Garros, 2001).



Il y a des régions où l'on peut trouver des spécimens très foncés, à la Réunion la teinte est plutôt dans le gris.

Principales différences biologiques mises en évidence :

La biologie et les périodes de développement n'ayant pas été étudiées de manière approfondie, on s'attachera ici aux différences importantes dans le cadre de notre étude, c'est-à-dire surtout les sites de ponte de prédilection.

Moutia (1928) étudia *S. niger* à l'île Maurice et mis en évidence que la femelle pondait soit les œufs séparément, soit en grappe. A l'île

Maurice, contrairement à *S. calcitrans*, *S. nigra* pondrait ses œufs dans les champs, **sur les excréments des bovins, et rarement dans le fumier**. D'après le rapport de N. Barré (1981), les mauriciens ont mis en évidence que *S. niger* pondrait également dans les **matières végétales en décomposition**, et en particulier **les amas de feuilles de canne laissées sur le sol après la coupe**. Gilles (2005) fait également cette constatation. Les larves se développeraient également sous les bouses de vaches (Barré, 1981).

Barré (1981) émet l'hypothèse qu'il existe un site de ponte inconnu à la Réunion, pendant l'intercoupe, et qu'il serait intéressant de le trouver.

Au vu de ces nombreuses hypothèses, on ne peut que conclure que la biologie de *S. niger* est bien moins connue que celle de *S. calcitrans*, et que les deux espèces diffèrent de part leur sites de reproduction.

B- Stomoxes : pouvoir pathogène :

On a vu que les stomoxes étaient des insectes piqueurs dont **les deux sexes** étaient hématophages. Le **sang est nécessaire à la reproduction** mais les mouches peuvent survivent en s'alimentant de nectar et de pollen (Foil et al., 1994). Ce sont des insectes très turbulents (Desquesnes et al., 2005), qui changent facilement d'hôtes au cours d'un même repas, ce qui en fait d'excellents vecteurs mécaniques. Kunz et Monty (1976) suggèrent que les stomoxes prendraient même **plusieurs repas par jour**, cette observation importante mériterait des études supplémentaires étant données les **conséquences** que ceci impliquerait en matière de **transmission d'agents pathogènes**.

En Europe, les stomoxes sont appelés « mouches charbonneuses » du fait de leur rôle certain dans la transmission du charbon.

En général les stomoxes sont sédentaires, ils se nourrissent abondamment sur les animaux domestiques, ils restent dans les zones fréquentées en attendant le bétail. Cependant, si la nourriture est insuffisante ou les animaux trop peu nombreux (traitements épicutanés, compétition), ils peuvent parcourir jusqu'à 5km pour trouver du bétail. Les stomoxes piquent essentiellement les parties basses des bovins (antérieurs, postérieurs) mais atteignent les autres parties du corps en cas de pullulation excessive.

Les stomoxes ont une importance économique non négligeable à la Réunion du fait de leurs effets pathogènes directs, et indirects qui sont la transmission d'agents pathogènes et le coût de la lutte anti-stomoxes.

1- Pouvoirs pathogènes directs, impacts des stomoxes :

Les stomoxes, comme tous les insectes hématophages, ont un effet pathogène direct qui est la nuisance sonore et visuelle surtout, et la spoliation sanguine. D'après Bishop (1913) les conséquences sont :

- l'anxiété liée à la piqûre, l'énervement
- la diminution des défenses immunitaires
- la diminution de la production de lait
- la perte de poids (de 10 à 25%)
- les boiteries (plaies)

Barré (1981), observe après le cyclone Hyacinthe que des mortalités non expliquées par les pathologies habituelles (leptospirose, anaplasmose, babésioses, ...) ont touché 2 à 25% des exploitations de l'Ouest de la Réunion. Les stomoxes pullulaient en « nuages » au dessus des animaux, et la spoliation sanguine avait épuisé les bovins qui ne pouvaient du fait du harcèlement se nourrir correctement.

En effet les bovins réagissent intensivement aux piqûres de stomoxes (*Mullens et al.* 2006), comportement qui de plus permet à distance de faire la distinction entre une infestation de *Musca* ou de *Stomoxys* : coups de pattes, mouvements de queue, trémulations des muscles peauciers, mouvements de tête et des oreilles (*Mullens et al.*, 2006).

Cette nuisance est en plus associée à des pertes de sang par spoliation sanguine. En effet, Barré (1981) a estimé une prise de sang allant de 0,5 à 1L/bovin/jour dans les élevages les plus atteints.

2- Pouvoir pathogène indirect : des vecteurs mécaniques :

a- Différence entre transmission mécanique / transmission biologique :

La transmission d'agents pathogènes par un arthropode est **biologique** quand au sein du vecteur une phase du cycle biologique doit se réaliser (parasite), ou bien quand le pathogène doit s'y multiplier (bactérie, virus).

La transmission est dite **mécanique** quand l'association biologique entre la pathogène et le vecteur n'est pas nécessaire.

Les stomoxes sont des vecteurs mécaniques.

b- Maladies transmises par les stomoxes

Trypanosomose :

La trypanosomose bovine est connue pour être transmise par les glossines, chez lesquels les trypanosomes effectuent un cycle biologique (transmission biologique).

Mihok (1995) a démontré qu'une transmission de *Trypanosoma vivax* et *T. brucei* était possible par les stomoxes (sur des souris). Sinshaw *et al.* (2006) montrent que les infections par *T. vivax* sont associées à de fortes concentrations en *Stomoxys* et *Atylotus*.

Anaplasmose :

Les stomoxes sont considérés comme des vecteurs mécaniques potentiels de l'anaplasmose (Potgieter *et al.* 1981). L'infection des veaux assure normalement une situation de la maladie de type enzootique, stable, avec peu de cas cliniques. Cependant, à la Réunion (cf. §I-B-3) les saisons contrastées en terme d'humidité mais aussi de température (hiver austral coupant quasi totalement la pullulation des mouches) entraînent une rupture de la reproduction des stomoxes pendant une période assez longue, allant de mai-juin à octobre (cf. §C). Or si une partie des veaux n'est pas infectée avant l'âge de 1an, la situation épidémiologique est considérée comme instable et avec une forte probabilité d'apparition de cas cliniques d'anaplasmose. (E. Camus, G. Uilenberg, 2000). Ceci pourrait expliquer l'importance de l'anaplasmose à la Réunion.

On sait que l'anaplasmose à la Réunion n'est pas transmises uniquement par les stomoxes, mais aussi par les tiques (*Boophilus* surtout). Cependant deux enquêtes sérologiques réalisées en 1994 puis en 1998 sur un échantillon de bovins de l'île (Tillard & Messad 1998) ont montré que l'anaplasmose et les babésioses (à *Babesia bigemina* et *Babesia bovis*) sont souvent associées confirmant une certaine communauté des vecteurs de transmission, à savoir *Boophilus microplus*. Néanmoins l'évolution différente de la prévalence sérologique de l'anaplasmose par rapport à l'évolution des prévalences des babésioses entre les deux enquêtes confirme l'existence de différences dans l'épidémiologie des deux maladies et donc l'intervention possible des stomoxes dans l'épidémiologie de l'anaplasmose. Sachant que la transmission mécanique expérimentale de *A. marginale* par *S. calcitrans* est possible, les stomoxes sont considérés comme vecteurs de la maladie.

Enfin, en zone d'enzootie d'anaplasmose, les cas cliniques apparaissent parmi les animaux introduits de zones indemnes (E. Camus & G. Uilenberg, 2000). Or on sait qu'à la Réunion, la plupart des renouvellements des troupeaux se font soit par l'intermédiaires de fermes productrices de génisses ou de broutards (Sicalait, Sicarevia) soit par l'importation de bovins par bateau en provenance d'Europe, jamais mis en contact avec la bactérie.

→ Ces éléments font de l'anaplasmose une pathologie particulièrement grave à la Réunion, surtout quand elle touche des animaux vierges. Elle est de plus associée à des troubles de la reproduction (infertilité des taureaux, anoestrus, avortements) dans sa forme chronique, et ceci reste parmi les principaux problèmes en élevages laitiers à la Réunion. En 2000, elle était responsable de 67% des morts par hémoparasitoses.

Autres maladies :

Les prévalences de la **leucose bovine enzootique** et de la **maladie des muqueuses** étaient respectivement de 44% et de 45% en 1998 (*Tillard et al.* 2000). Ces prévalences élevées associées aux fortes pullulations de stomoxes peuvent faire craindre la possibilité d'une transmission mécanique de ces maladies. Le suivi sérologique de la leucose réalisé lors des campagnes de prophylaxie de 2002 et 2003 montre des prévalences très élevées chez les éleveurs laitiers malgré des performances zootechniques et des pratiques vétérinaires très correctes. Les stomoxes ont également été incriminés dans l'extension de l'épizootie de **dermatose nodulaire contagieuse** de 1991.

C- Variations des densités apparentes en stomoxes : (*Gilles*, 2005)

D'après Gilles (2005), il existe des variations saisonnières, qui deviennent de plus en plus marquées quand l'altitude augmente (cf. annexe 3). Chez les deux espèces, l'abondance diminue fortement en hiver et augmente assez rapidement au printemps pour atteindre son pic de pullulation de décembre à mars. On remarque que l'activité des stomoxes démarre d'abord dans « les Bas », pour atteindre ensuite « les Hauts », où le pic est plus intense (*Gilles*, 2005). Ceci sera important à considérer lors des relevés de mouches, dans la chronologie des passages chez les éleveurs.

Plusieurs éléments sont à retenir en ce qui concerne la dynamique des stomoxes, extraits des travaux de J. Gilles :

- (1) Le **nombre moyen d'individus** capturés, et les **proportions des deux espèces** capturées par site, varient d'un site à l'autre.
- (2) Les **variables climatiques** expliquent la plus grande part des **variations d'abondance dans les élevages**, notamment la composante saisonnière.
- (3) Les variables climatiques **n'expliquent pas** par contre les **différences de variations d'abondance entre sites**.
- (4) Sur **chaque site**, et sur des **sites proches**, il y a un **synchronisme des variations aléatoires** des deux espèces, et ce indépendamment des variables climatiques.

IV- Objectifs de l'étude :

A- Problème posé :

L'étude de J. Gilles a été riche en renseignements sur la dynamique et la génétique des populations de stomoxes à la Réunion. Il s'aperçoit que les populations de *S. calcitrans* et *S. niger* présentent des **différences d'abondance entre sites** (cf. ci-dessus). Mais il conclut, et nous citons « *ces différences d'abondance ne dépendent pas de la taille des élevages bovins. Elles ne dépendent pas non plus de la fréquence des traitements insecticides dans les fermes, pour autant qu'on puisse évaluer cette fréquence avec précision. Les différences d'abondance entre sites ne sont pas liées à l'altitude, et ne sont donc probablement pas liées aux variations des conditions climatiques le long du gradient altitudinal [...] Les pratiques agricoles pourraient expliquer ces différences [...] il est probable que des circonstances très locales influencent le niveau moyen d'abondance des stomoxes chez ces éleveurs* »

Une étude menée à New York dans des fermes à veaux (P. E. Kaufman et al., 2006) montre que les fermes où l'on capturait le plus de stomoxes étaient aussi celles où l'on capturait le plus de mouches domestiques, et inversement. Cette étude conclut que les **pratiques d'élevage et de lutte** influencent énormément le taux de capture (donc l'abondance en stomoxes).

Davis et al. (1998) ont critiqué les études expérimentales simplifiées où l'on ne considère que les effets directs d'un seul facteur sur la dynamique des populations.

Tout ceci nous amène à rechercher ces différents facteurs de conduite d'élevage.

B- Principaux objectifs :

Comme nous l'avons dit, deux espèces de stomoxes, *Stomoxys calcitrans* et *Stomoxys niger*, sévissent actuellement à la Réunion, et l'on a vu que ces diptères hématophages avaient de lourdes conséquences économiques. On arrive en 2007 peut être à la fin du projet POSEIDOM, et l'abondance des stomoxes dans les élevages reste très importante. En effet, les pullulations, surtout en saison des pluies, restent considérables et incompatibles dans certains élevages avec une production correcte.

Les traitements épicutanés bénéficient d'une bonne perception par les éleveurs car ces derniers voient leurs effets immédiats et constatent par eux-mêmes leur efficacité. Cependant, pendant que le Butox® tue les mouches venant se nourrir, ou les repoussent simplement, des pratiques d'élevage comme la mauvaise gestion du fumier permettent à d'autres de se multiplier.

De plus, les éleveurs possédant un gros cheptel ne peuvent, pour certains, traiter tout le troupeau de manière à éviter les piqûres. En effet traiter toutes les 3 semaines aux antiparasitaires externes assure le confort et la santé des animaux mais demande un investissement supérieur aux moyens des éleveurs. Le rapport coût/bénéfice les oblige à ne traiter qu'en cas de pullulations excessives, ce qui n'est pas la bonne solution.

La lutte est désormais et ce depuis plusieurs années, orientée vers une démarche de **lutte intégrée**, associant tous les moyens de lutte possible : lutte chimique mais aussi mécanique, biologique et environnementale. C'est dans ce contexte qu'il est nécessaire d'évaluer l'importance des pratiques de conduite environnementale influençant, négativement

ou positivement, la pullulation des « mouches bœuf ». Cela permettra par la suite d'orienter les éleveurs vers des pratiques de lutte environnementale.

L'objectif principal de cette étude est d'identifier les facteurs de conduite d'élevage associés à l'abondance des deux espèces de stomoxes présentes à la Réunion au sein des élevages bovins laitiers.

Ainsi :

- montrer **l'importance de la gestion environnementale** de l'élevage et de son **environnement** dans la densité des stomoxes
- **hiérarchiser** les différents facteurs en fonction de leur impact
- améliorer les **moyens de lutte environnementale**
- conseiller les éleveurs au « cas par cas »

Notre démarche comprend 2 étapes :

- **lister les principaux facteurs** qui pourraient influencer l'abondance des mouches (travail bibliographique, de discussion avec les éleveurs et le GDS)
- concevoir un **dispositif de collecte d'informations** sur le terrain (questionnaire d'enquête) et valoriser les informations géographiques disponibles à la Réunion

Chaque élevage devra être enquêté afin de qualifier et quantifier tous les facteurs pris en compte, et un indice d'abondance en stomoxes, moyenne de plusieurs évaluations, lui sera également attribué. Ainsi nous pourrons savoir si les caractéristiques d'un élevage (pratiques de conduite) correspondent à une abondance en mouches. (cf. partie 3 § II). Ces analyses nécessitent des **supports de collecte et d'analyse**, ce qui sera également détaillé dans le protocole.

C- Cheminement de la construction du protocole :

La construction du protocole suit donc la démarche suivante :

- 1- Données épidémiologiques de l'étude : recherche de l'unité statistique et choix de l'échantillonnage
- 2- La recherche de facteurs influençant l'abondance des stomoxes : travail bibliographique, consultation d'experts
- 3- Elaboration du questionnaire pour la collecte de données sur le terrain, validation du questionnaire : travail en vue de l'analyse statistique
- 4- Les données géographiques disponibles : travail sur SIG
- 5- Recherche d'une méthode d'évaluation de l'abondance en mouches
- 6- Analyses statistiques prévues
- 7- Elaboration de la base de données
- 8- Planning prévisionnel pour octobre 2006 - mars 2007

Partie 2

MISE EN PLACE DU PROTOCOLE

Données épidémiologiques

-

Variables recherchées

-

Système d'information géographique

-

Evaluation de l'abondance en stomoxes

I- Données épidémiologiques de l'étude :

A- Population cible :

La population cible est **l'ensemble des élevages bovins laitiers de la Réunion**. En effet après réflexion les élevages de bovins allaitants ne seront pas étudiés et ce pour différentes raisons :

→ La filière la plus touchée par les hémoparasitoses est la filière laitière (d'après les enquêtes sérologies RESIR 2000), elle constitue donc une priorité en matière de lutte.

→ Le temps passé au pâturage pour les bovins allaitants fait que l'abondance en mouches provient plus du climat et de l'environnement naturel des bovins que des pratiques d'élevage.

→ La population étudiée aurait été très importante et le choix de prendre un maximum d'éleveurs dans un type d'élevage (80 élevages laitiers sur un total de 120) a été fait.

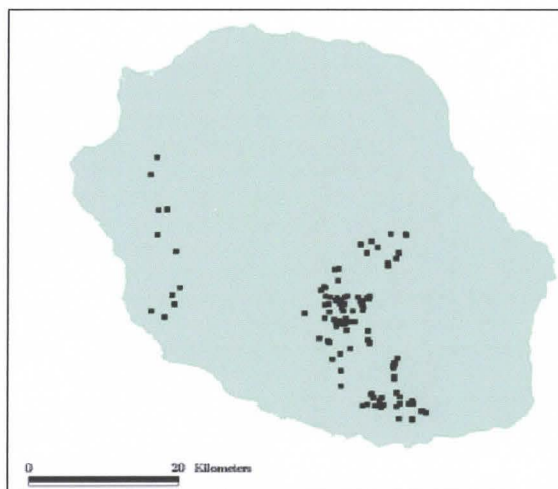


Figure 12a : 120 éleveurs laitiers

B- Echantillonnage stratifié :

L'unité statistique est l'**élevage**.

Le critère d'échantillonnage est la **zone géographique**, il faut s'assurer d'avoir une bonne représentativité des élevages au sein des quatre zones géographiques étudiées : Hauts de l'Ouest, Plaine des Cafres, Plaine des Palmistes, Hauts de Saint-Joseph (cf. figure 6 et 12). De plus, étant donné **le nombre de variables explicatives** à considérer (cf. ci-dessous § II) : altitude, effectifs, pratiques d'élevage, bâtiments... nous envisageons d'effectuer une analyse des correspondances multiples, dont l'efficacité est liée au nombre d'observations. Le choix de quatre-vingt éleveurs a été fait, ce qui reste un compromis entre la précision souhaitée et les moyens disponibles (un enquêteur).

Etant donné que la Réunion compte 120 éleveurs laitiers, les éleveurs motivés à participer à cette étude et les plus facilement accessibles (contact téléphonique et conseils du GDS) seront inclus dans l'étude, en gardant à l'esprit qu'il faut avoir un maximum de représentativité dans chaque région.

Quatre vingt éleveurs ont été sélectionnés au total en tenant compte de leur distribution géographique. Le nombre d'éleveurs à enquêter dans chaque « strates » est représenté dans le tableau 2. Au sein de chaque région, les éleveurs ont été sélectionnés de manière aléatoire, et

en fonction de leur disponibilité. 66% des élevages laitiers ont donc été sélectionnés de manière aléatoire puis visités pour leur expliquer les enjeux de l'étude et leur demander de participer à l'enquête.

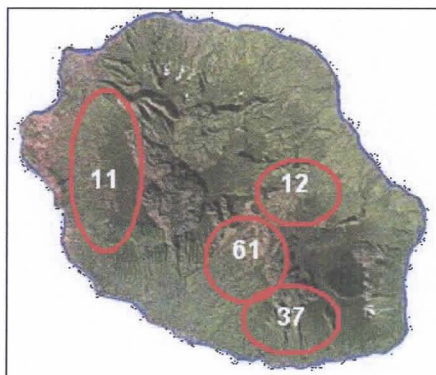


Figure 12b : strates échantillonnées

<i>Zone</i>		<i>Effectifs d'éleveurs laitiers</i>	<i>Nombre d'éleveurs de l'échantillon par zone</i>
« Plaine des Cafres »	Plaine des Cafres	59	39
« Hauts de l'Ouest »		11	7
« Plaine des Palmistes »		12	8
« Hauts de Saint-Joseph »		37	25
Saint-Pierre		2	1
Total		121	80

Tableau 2 : échantillonnage aléatoire dans les zones d'élevage

→ 66% des éleveurs ont donc été visités pour leur expliquer les enjeux de l'étude et leur demander de participer à l'enquête.

C- Prise de contact :

La première prise de contact a été réalisée en août-septembre 2006. Il n'a en effet pas été possible de la faire plus tôt :

→ Indisponibilité du GDS (la moitié des premières visites ont été réalisées avec un technicien GDS). Or pour établir une relation de confiance il était indispensable d'intégrer les élevages avec une personne connue de l'éleveur.

→ Choix stratégique : établir un premier contact trop tôt n'était pas souhaitable, en effet les éleveurs auraient pu oublier notre venue et s'étonner en octobre de notre visite pour le questionnaire.

→ Le protocole fini en août a pu leur être présenté succinctement, afin de ne pas les prendre en dépourvu en 2006-2007.

Afin de ne pas perdre contact, un courrier sera envoyé courant septembre (cf. annexe 4), afin d'officialiser l'étude et de leur montrer l'importance de l'enquête. Cette sensibilisation sert également à placer l'éleveur à un statut d'acteur.

II- La recherche de facteurs influençant l'abondance : variables de l'étude

Tout d'abord, afin de choisir des facteurs influençant l'abondance des mouches, une **étude bibliographique** a été nécessaire (cf. partie 1). Les principaux facteurs sont en général en relation avec la biologie de l'insecte : mode de vie, hématophagie (prise alimentaire, espèces de prédilection...), cycle, reproduction, ... Deux types de facteurs influencent la dynamique des populations d'insectes, à savoir les facteurs **abiotiques** et les facteurs **biotiques**. Les facteurs abiotiques représentent l'ensemble des **facteurs physico-chimiques** d'un écosystème influençant une biocénose données, donc dans notre étude : le climat, l'altitude (Gilles, 2005), les conditions du milieu (facteurs environnementaux qui nous intéressent dans cette étude)... Les facteurs biotiques représentent eux l'ensemble des **interactions du vivant** sur cette biocénose, c'est à dire la compétition, la prédation ou le parasitisme. Une trop forte compétition par exemple (bonne gestion des fumiers) peut entraîner une diminution de la fécondité et de la survie des insectes (Begon et al., 1996). La prédation ou le parasitisme peuvent aussi influencer l'abondance d'une espèce donnée (Bonshall, 2004). N. Barré (1981) remarque dès 1981 la présence dans certains élevages des mouches collées sur les reposoirs, en nombre impressionnant parfois, parasitées par *Entomophthora muscae*.

La part d'importance de chaque facteur peut varier d'un élevage à l'autre (Whittaker, 1971), en fonction par exemple de l'altitude.

A- Les facteurs de confusion, indépendants des facteurs recherchés :

Des facteurs de confusion devront être rentrés dans la base de données, afin de ne pas masquer l'influence des pratiques d'élevage. A chaque relevé d'abondance, ces facteurs environnementaux, mais indépendants des pratiques l'élevage, seront pris en compte :

Zones
Altitude
Température moyenne
Humidité moyenne / pluviométrie

La carte en annexe 5 indique les différentes stations météorologiques (stations CIRAD et stations Météo France) disponibles pour l'étude. On gardera pour chaque élevage, la station la plus proche donnant une information sur la température, la pluviométrie, et l'humidité moyenne.

Pour l'effet du climat, d'après la thèse de J Gilles, il faut prendre en compte les données climatiques des jours précédents la capture. Comme la longueur du cycle de développement est variable en fonction de l'altitude (Gilles, 2005). Trois types de données seront donc gardées pour l'analyse : les moyennes des **7 jours, 14 jours et 21 jours** précédents la capture.

B- Les animaux de l'exploitation : (annexe 6b)

- **présence d'autres espèces :**

On peut supposer que la présence d'autres espèces peut influencer (par attraction olfactive ou visuelle) l'abondance des mouches. De plus, les espèces attractives pour *Stomoxys* sont par ordre décroissant les chevaux, les ânes, puis les bovins et chameaux. Les ovins sont les moins favorisés (cf. partie 1). On peut donc penser que la présence d'ânes ou de chevaux augmente l'attractivité d'un élevage. Les porcs seront aussi pris en compte, en effet quelques éleveurs laitiers ont une porcherie à proximité des vaches laitières.

La nature des déchets provenant de l'élevage d'autres espèces sera relevée (lisier de porcs, crottin de cheval, fientes...).

- **âge des vaches, stade de production :**

L'hypothèse est que l'attraction peut être différente en fonction de l'âge (veaux/adultes) et du stade de production (différence entre effluents des génisses et des vaches laitières).

- **race :**

Il y a 2 races principales à la Réunion : Holstein et la Brune des Alpes.

- **densité animale :**

Une forte densité animale peut entraîner une quantité d'effluents plus importante, ainsi qu'une « odeur » animale plus importante. Ce facteur a-t-il une influence sur les densités de stomoxes ? Les gros élevages attirent-ils plus les stomoxes ?

C- Le logement et l'environnement : (annexe 6c, d, e)

- **densité animale :**

On reprend l'idée énoncée dans la partie B), en relevant la surface du bâtiment, de l'exploitation et le nombre de place au cornadis, on aura une idée de la densité d'occupation de l'élevage.

- **ventilation :**

On sait qu'une bonne ventilation réduit la densité en mouches, qui n'aiment pas les courants d'air. Comportement largement exploité en élevage bovin en France où de nombreux éleveurs ont mis en place des systèmes de ventilation, notamment en salle de traite. Ceci est vérifié pendant l'intersaison hiver/été, durant laquelle les mouches sont rares, et ce malgré l'augmentation des températures, du fait de la présence de vents parfois violents.

De plus, une mauvaise ventilation peut engendrer au sein de l'élevage une odeur ammoniacale, est-ce une attraction olfactive pour les stomoxes ?

Cependant, ce facteur ne sera peut-être pas très probant, en effet, à la Réunion du fait du climat tropical et des hautes températures (mis à part dans la zone des Palmistes), la majorité des aires d'alimentation sont ouvertes ou semi-ouvertes, et la ventilation est correcte. Durant les premières visites, peu d'élevages m'ont semblés mal ventilés. Ceci sera tout de même à vérifier en saison chaude, où les vents sont plus rares.

- **la nature du sol :**

Un sol bétonné sera logiquement moins propice à la ponte qu'un sol sur terre battue. Cet élément pourrait être un facteur de pullulation important.

- **le rythme de nettoyage de l'aire d'alimentation :**

Le cycle des stomoxes étant de 7 jours minimum, si le nettoyage de l'aire d'alimentation (angles compris) est inférieur à cette durée, le cycle sera donc rompu (à condition que le lisier et le fumier soient traités ou exportés).

D- L'alimentation : (annexe 6f)

On veut savoir si l'espèce fourragère et son type de présentation (ensilage, vert, pâturage...) est un facteur d'abondance en stomoxes. La bagasse (résidu fibreux de la canne à sucre qu'on a passée par le moulin pour en tirer le suc, composée principalement par la cellulose de la plante) par exemple peut-elle être un facteur d'abondance en stomoxes ?

E- Les effluents d'élevage : (annexe 6g)

La nature de la fosse, ses abords, la gestion des effluents (épandage ou stockage), la nature du fumier... sont des pratiques qui vont apporter des sites de pontes plus ou moins favorables en fonction des modalités. Une fosse « en dur » couverte sera par exemple logiquement moins favorable au développement des stomoxes qu'une fosse ouverte creusée dans la terre.

Les sites de ponte et de développement des stomoxes sont très variés (cf. partie 1), il sont souvent associés à de mauvaises conditions sanitaires dans l'élevage, et à une gestion des effluents mal conduite (Meyer et Peterson, 1983). Ces facteurs ont-ils une réelle importance dans l'abondance en stomoxes à la Réunion ?

F- Les méthodes de lutte employées : (annexe 6h)

A la Réunion, le GDS a mis en place une stratégie de lutte intégrée, afin d'agir à différents moments du cycle et d'optimiser la lutte (cf. annexe 7 et 8). On ne peut pas prendre en compte cette composante, qui diffère en fonction des exploitations. On pourra à fortiori évaluer l'efficacité de la lutte anti-stomoxes.

« La lutte intégrée contre les parasites repose sur la mise en place de systèmes spécifiques faisant appel à de nombreuses technologies et intégrant aussi bien des molécules, des formulations et des méthodes d'application nouvelles, que la lutte biologique, mécanique, immunologique et génétique ainsi que les programmes de prophylaxie » (Bram, 1994). Nous allons voir quelles méthodes sont actuellement employées à la Réunion et devront être renseignées.



Photo 1 : Piège Vavoua vendu par le GRDSBR

- **La lutte mécanique :**

Deux types de pièges sont proposés aux éleveurs afin de les disposer autour des bâtiments d'élevage (stabulation et traite) et autour des abreuvoirs ou de tout autre lieu de concentration des animaux dans les pâtures : le **fil de colle** et le **piège Vavoua** en tissu (cf. photo 1 et 2).



Photo 2 : fil de colle proposé par le GRDSBR

L'aspersion permet également de protéger les animaux pendant la traite notamment. Un dispositif d'aspersion (installé par le GDS), d'eau généralement, et placé dans l'aire d'attente, afin d'humidifier les animaux pendant leur passage. Ceci diminue les attaques pendant environ une heure. Parfois de l'essence de géranium est associé à l'eau d'aspersion, ce qui augmente le pouvoir répulsif de cette méthode.

- **La lutte chimique :**

Elle s'appuie sur l'utilisation d'une spécialité à base de deltaméthrine (BUTOX®) contre les stades adultes et de cyromazine (NEPOREX®) contre les stades immatures. La deltaméthrine est produite par Intervet sous la dénomination BUTOX®. Les formulations spot on et 50% du BUTOX® sont adaptées, rémanentes et peu toxiques pour l'environnement. L'objectif principal des traitements est de réduire la pression parasitaire sur les animaux. Les traitements permettent de protéger les animaux des piqûres de stomoxes et ainsi d'éviter leur excitation lors de la traite notamment, de favoriser la prise alimentaire, de limiter la spoliation sanguine et la transmission d'agents pathogènes. Le GDS a recommandé son application au moment des pics d'infestation et avec une fréquence d'une fois par mois au plus afin de limiter l'apparition de phénomènes de résistance. Il recommande également un traitement en début de saison chaude, afin de neutraliser au maximum la population de stomoxes initiale et d'éviter les pics d'infestation.

Cette lutte devra être prise en compte durant les relevés de mouches, en effet, si un traitement a été effectué avant la capture, la population de stomoxes peut chuter brutalement (cf. annexe 10).

- **La lutte environnementale :**

Cette lutte a pour objectif de mobiliser des actions de l'éleveur sur son environnement afin de modifier le biotope des stomoxes pour le rendre impropre à leurs pontes et à leur prolifération tout en constituant une barrière naturelle à leur progression. A-t-elle un réel impact sur les densités de ce vecteur ?

- **l'environnement autour de l'élevage et les pâtures :**

Les stomoxes pondent le plus souvent autour des élevages et maintiennent ainsi une population liée à la végétation alentour. En contrôlant cet environnement, on réduit le risque de sédentarisation de populations de vecteurs. En effet cette dernière rend toute lutte chimique inutile car le vecteur n'est pas contrôlé à sa source. Cette lutte consiste à :

- Nettoyer les abords de l'élevage et des pâtures
- Détruire les arbustes dans les pâtures : bringelier, acacias, corbeilles d'or, etc... qui offrent des reposoirs aux stomoxes
- Favoriser le drainage des pâtures pour limiter l'humidité
- Eviter des hauteurs d'herbe supérieures à 40 cm dans les pâtures servant de reposoirs pour les stomoxes qui s'y installent après leurs repas de sang. En effet, des hauteurs importantes maintiennent en permanence une population de stomoxes qui vient s'alimenter sur les animaux à proximité.

- **la gestion des effluents :** (évaluée dans la partie 4 du questionnaire)

La maîtrise des effluents d'élevage assainit l'exploitation et ceci réduit peut être la possibilité des stomoxes de pondre ou de se maintenir sur le site. Des actions sur les fumiers et les lisiers doivent être entreprises pour limiter leur pouvoir attractif sur les stomoxes tout en limitant leur prolifération sur place.

- **les fumiers**

Une gestion rigoureuse des effluents et principalement des fumiers devrait offrir à l'éleveur un bon contrôle des stomoxes sur son élevage en réduisant les sites de ponte de ces derniers. La durée de développement des oeufs enfouis dans les fumiers de stomoxes est au minimum d'une semaine. Ils vivent sous la surface des fumiers (jusqu'à 50cm) (*comm. pers. GDS*)

→ Le rythme d'élimination ou de dessiccation du fumier peut être accéléré afin de le rendre le moins favorable possible aux pontes de ces mouches. L'épandage permet de dessécher rapidement le fumier au champ souvent éloigné de l'élevage.

- **les lisiers**

Des fosses à lisier doivent permettre la récupération de ceux-ci quotidiennement. Ces fosses doivent être couvertes et régulièrement malaxées afin d'éviter la formation d'une croûte parfois favorable aux pontes et au développement des stomoxes. Les fosses doivent être étanches pour empêcher les fuites non maîtrisées autour, favorables aux stomoxes.

- **La lutte biologique :**

Le GDS réalise depuis plusieurs années chez certains éleveurs (de races laitières mais aussi de race allaitante) une lutte biologique, qui consiste à lâcher des parasitoïdes de pupes, qui sont des micro-hyménoptères (Pteromalidae). Les femelles de ces parasitoïdes pondent dans les pupes de stomoxes et de mouches domestiques et sont utilisées dans beaucoup de pays comme moyen de lutte biologique. Des études ont prouvé l'efficacité de cette lutte (*Skovgård*

H., 2004). La figure 13 détaille le cycle de cette guêpe parasitoïde, qui en se développant dans les pupes détruit la forme nymphale de la mouche.

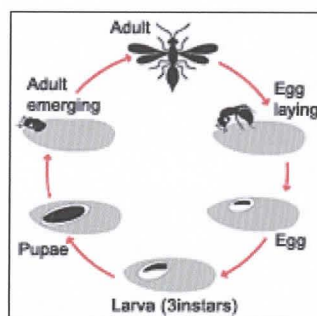


Figure 13 : Cycle de *Spalangia*
(source : www.flycontrol.novartis.com)

Des pupes parasitées au laboratoire du GDS sont déposées dans les élevages. Les éleveurs interrogés trouvent cette lutte efficace (obs. pers.). L'espèce concernée est *Spalangia nigroaenea*, et les lâchers sont réalisés régulièrement dans plusieurs dizaines d'élevages. L'efficacité de la lutte biologique pourra donc être évaluée, en comparant l'abondance en stomoxes entre les éleveurs pratiquant ou non cette méthode. A l'île Maurice, la lutte contre les stomoxes s'appuie exclusivement sur la lutte biologique depuis plus de vingt ans.



Photo 3 : *Spalangia* sortant d'une pupa (Photo de Max Badgley)

G- L'environnement direct de l'élevage : (annexe 6j)

1- Présence de parasites de stomoxes :

- La présence ou non d'hyménoptères ne pourra être appréciée, par contre les lâchers au sein de l'élevage seront renseignés (cf. §II-F).
- La présence ou non d'*Entomophthora muscae* est intéressante à signaler. Il s'agit d'un champignon parasite, certains éleveurs le connaissent très bien, et N. Barré le considérait en 1981 comme le premier régulateur de stomoxes à la Réunion (Barré, 1981). Ce champignon est connu pour affecter un grand nombre de Muscidae. Il affecte les mouches adultes, y compris les stomoxes, avec des taux d'infection pouvant dépasser 70% (Mullens & Six, 1996). Il provoque une forte mortalité et une baisse de fécondité importante des mouches infectées et se développe dans le corps de l'insecte en détruisant tous les tissus (Mullens, 1990).

Dans différentes localités de l'île, ce champignon a été observé par J. Gilles (Bouyer, 2004). Le rapport de mission de J. Bouyer (Bouyer, 2004) confirme l'importance et l'intérêt de ce champignon dans la lutte anti-stomoxes. Cependant, il n'est présent qu'à une certaine

altitude. Lors des captures, une attention particulière sera portée sur la présence ou non de mouches collées sur les reposoirs (cf. photo 4).



Photo 4 : mouches collées sur leur aires de repos (photo J. Bouyer)

2- Schéma de l'élevage :

L'hypothèse est qu'une fosse ouverte ou un champ de canne n'ont pas le même impact s'ils sont situés à 5m ou à 100m de l'aire d'alimentation. Ce schéma permettra de surcroît de déterminer les emplacements les mieux appropriés pour la pose des pièges si ces derniers sont choisis pour l'évaluation de l'abondance en stomoxes (cf. § IV-D). Il est donc à réaliser pendant le questionnaire, et à compléter au besoin durant l'enquête.

Seront représentés dans la mesure du possible :

- l'orientation Nord / Sud
- la **fosse à lisier**
- la localisation du fumier
- les **zones humides**
- les zones de stockage du matériel agricole et des fourrages
- les voisins directs
- tous les bâtiments, leur fonction
- les **abreuvoirs**
- les réserves de fourrages et d'alimentation
- la végétation : taille approximative, hauteur, espèce, densité...
- les pâturages (limites côté élevage, distance approximative), prairies de fauche, friches...
- la localisation des pièges
- les plantes observées, la présence de reposoirs (cf. annexe 6j et 9)

Les plantes observées constituent des reposoirs à stomoxes et sont souvent présentes autour des élevages, la plupart sont citées dans le rapport de N. Barré (1981).

Les données récoltées par ce support seront analysées, ce qui aboutira à une utilisation statistique des variables identifiées. Afin de faciliter le travail, la trame du schéma sera faite sur papier blanc à partir des vues aériennes rapprochées des élevages disponibles au pôle élevage. Ce schéma sera ensuite complété sur le terrain, par observation directe des données propres de l'élevage (cf. ci-dessus). Enfin, il sera intégré dans une base de données

géographiques afin de le convertir en format géométrique : calculs de distances, d'aires, de quantité... (cf. figure 20)

Ce travail s'intégrera dans la recherche des données géoréférencées, qui sera traitée dans le §III. En effet, le traitement des données se fera par l'intermédiaire d'un système d'informations géographiques.

Un stage (étudiant en géométrie par exemple) semblerait approprié à la réalisation de ce travail.

H- Autres facteurs : (cf. § III)

III- Les données recherchées en dehors du questionnaire d'enquête : les données géoréférencées

A- Système d'informations géographiques : SIG sous Arcview 3.1 :

Un SIG (système d'information géographique) sur la végétation à la Réunion (mission Parc National de la Réunion) a été mis au point par le CIRAD Réunion pôle 3P (*Strasberg et al.* 2005). Nous l'utiliserons afin de mettre en relation l'abondance et l'environnement de l'élevage.

Le logiciel utilisé est le logiciel Arcview GIS 3.1, il permet d'effectuer des requêtes spatiales géoréférencées (distances, surfaces, périmètres, aires...).

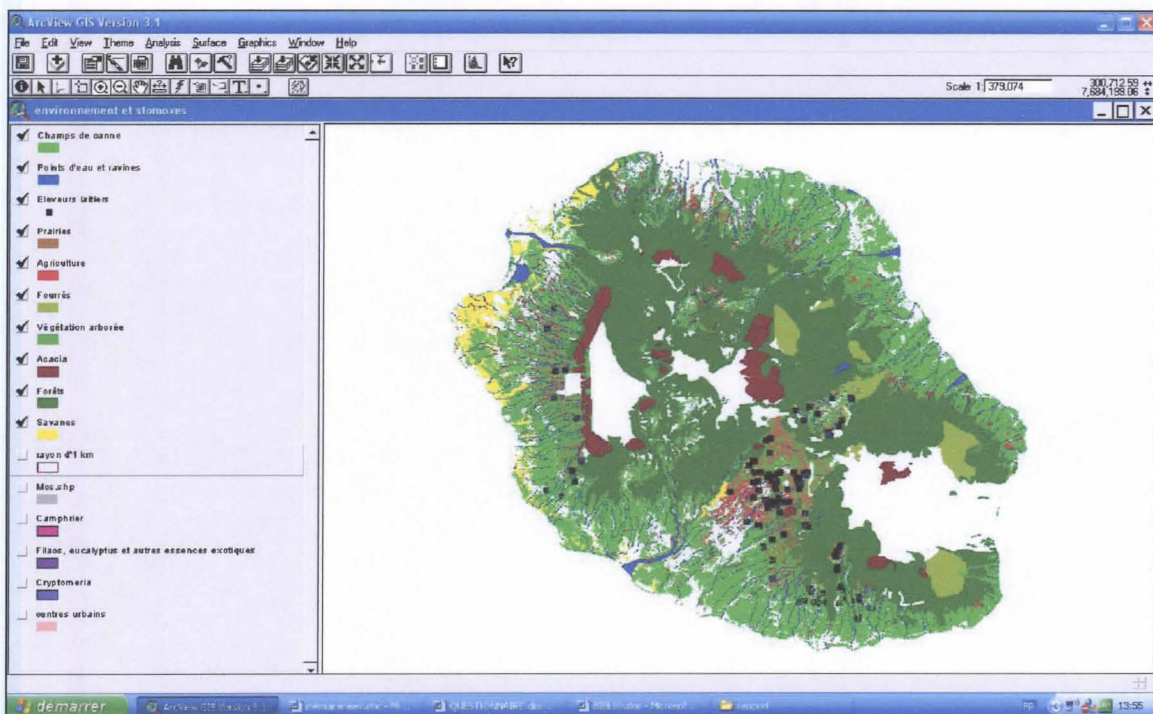


Figure 14 : utilisation du logiciel Arcview 3.1 pour l'étude de l'environnement des élevages
(Le système utilisé par le CIRAD et pour l'étude est le système WGS84)

B- Le facteur végétation :

Comme nous l'avons vu, les stomoxes, bien qu'inféodés aux bovins, pondent à proximité des animaux mais aussi à l'extérieur de l'étable (*Hafez et Gamal-Eddin*, 1959, 1961). Durant la période chaude, la reproduction a lieu principalement en milieu « ouvert » et dans des endroits ombragés (cf. partie 1). Les sites de ponte de calcitrans sont connus (le fumier, le crottin), ceux de niger sont moins certains durant l'intercoupe (*Barré*, 1981). De plus, nous voulons savoir si des facteurs tels que la présence de canne ou de forêt... influencent la densité de ce vecteur.

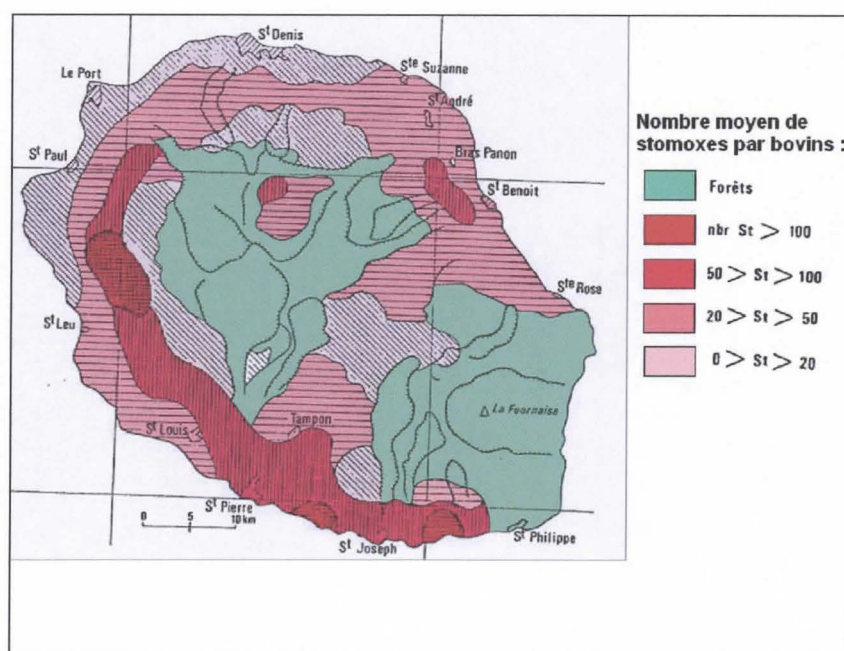


Figure 15 : densité de stomoxes observés sur les bovins (carte réalisée à partir d'une carte de N. Barré (1981))

L'étage des cannes constitue l'habitat électif des stomoxes, avec une prédominance de *S. niger* (Barré, 1981), et de nombreux éleveurs disent se faire attaquer lors de la coupe (comm. pers.). La figure 15 représente les zones de pullulation et de moindre abondance des stomoxes. On remarque que les zones de forte pullulation sont presque confondues avec les zones de canne (cf. figure 16).

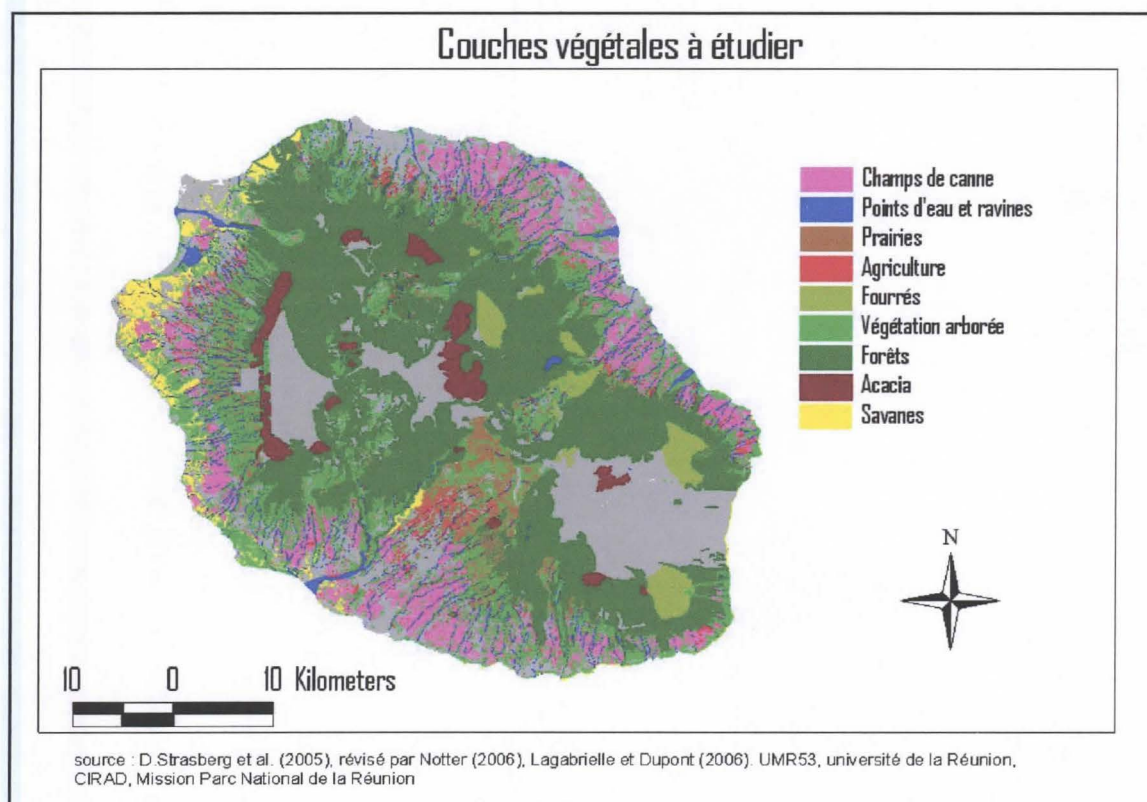


Figure 16 : principales couches végétales utilisées pour la caractérisation des élevages étudiés

Nous étudierons donc le facteur « canne », et éventuellement si les analyses le permettent, les autres strates végétales qui pourraient constituer des gîtes de ponte potentiels (prairies, forêts, fourrés, ravines...). Ces couches sont représentées dans la figure 16.

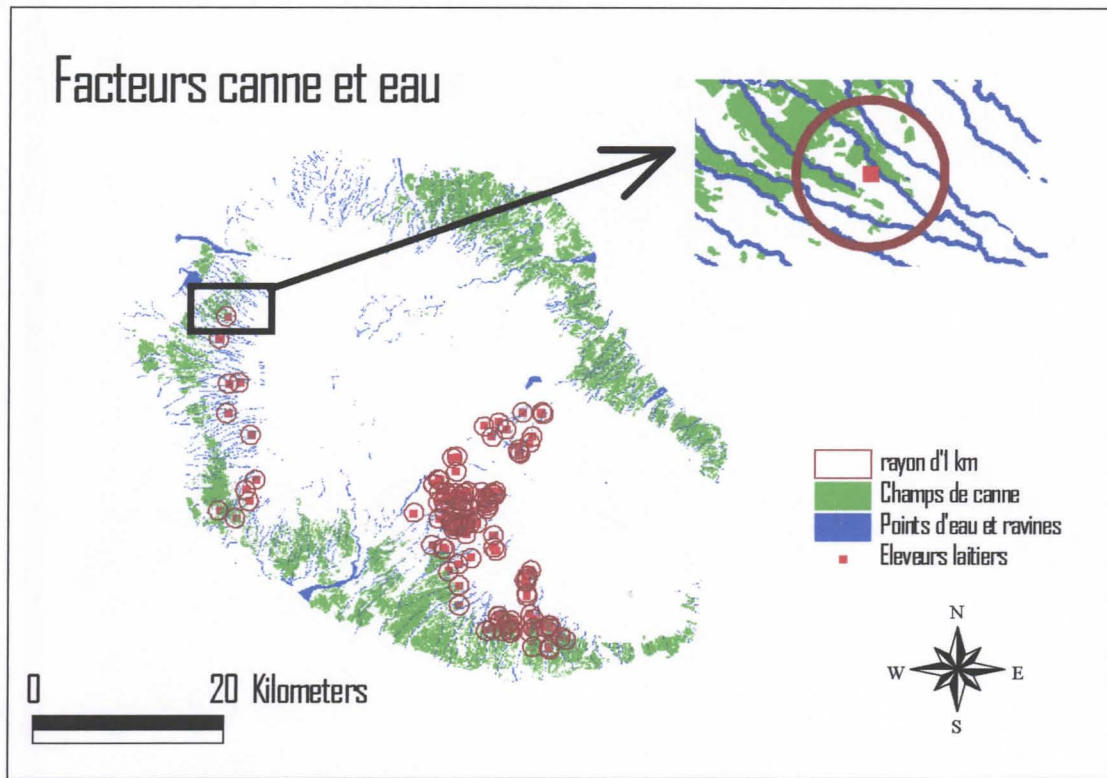


Figure 17 : zoom sur un élevage sous Arcview : zone de canne et ravine dans un rayon de 1km

En ce qui concerne le facteur canne, trois aspects ont été choisis : (cf. figure 17 et 18)

- La distance séparant l'élevage du champ de canne le plus proche
- L'interface du champ de canne* dans un rayon de 1km ou de 5km (cf. figure 18)
- L'aire de la canne dans un rayon de 1km ou de 5km

*En effet, on ne sait pas si les stomoxes pénètrent ou non les champs de canne, ou si ils pondent le plus proche possible de l'élevage (interface).

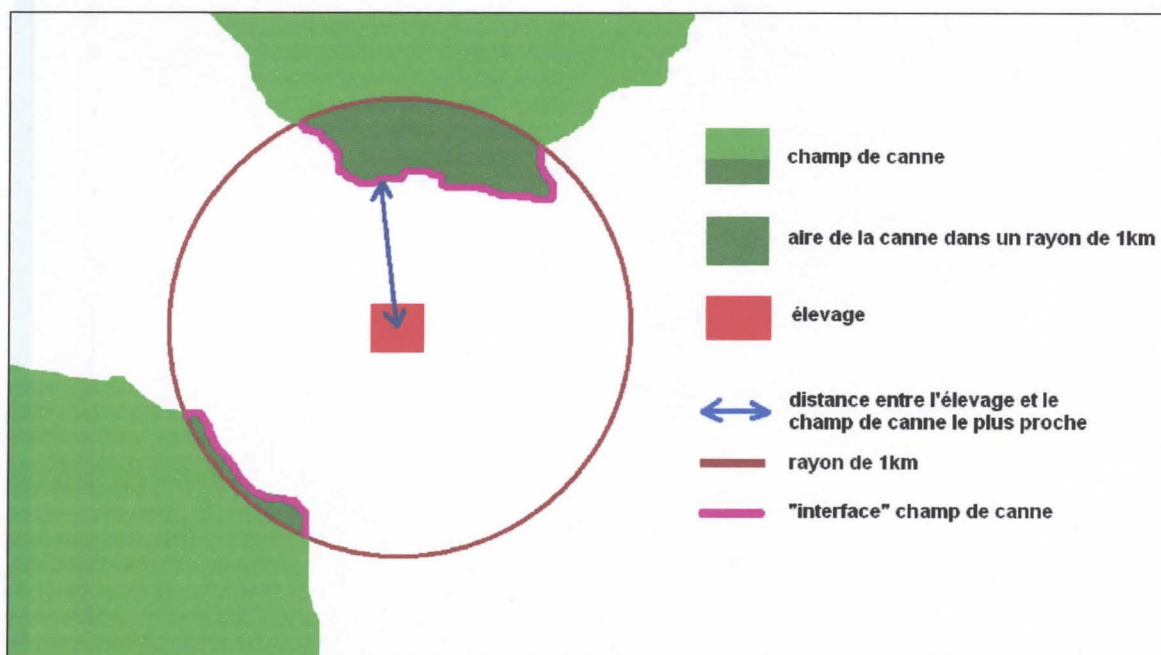


Figure 18 : requêtes à réaliser pour le facteur « canne » sous ArcView GIS

C- Le facteur « voisins directs » :

Les facteurs directement liés aux pratiques d'élevage ont sans aucun doute une importance capitale dans l'abondance ou non en mouches bœuf (facteurs énoncés au §II et présents dans le questionnaire). Cependant les pratiques d'élevage du voisin peuvent avoir un impact sur la population de stomoxes de l'élevage attenant. On ne peut ignorer le fait qu'un élevage propre, avec une bonne gestion des déchets, proche d'un autre élevage où les mouches pullulent, ou proche d'un champ où la paille de canne n'a pas été ramassée après la coupe, sera malheureusement atteint par les attaques de stomoxes. Un travail de captures et recaptures réalisé en 2004 dans deux élevages laitiers réunionnais par J. Bouyer et J. Gilles, confirme l'hypothèse du passage d'individus d'un élevage à l'autre (Bouyer, 2004 et Gilles, 2005).

De plus, J. Gilles montre que chez *S. calcitrans* comme chez *S. niger*, il y a un **synchronisme des variations aléatoires d'abondance sur des sites proches** (cf. partie 1), et cela indépendamment des variables climatiques (température, humidité relative, précipitations, vent) (Gilles, 2005).

Pour caractériser l'élevage il faudra donc caractériser son environnement direct (schéma de l'élevage) mais aussi son environnement plus éloigné.

→ Nous étudierons donc le facteur « voisins directs », dans un rayon de 1km et de 5km.

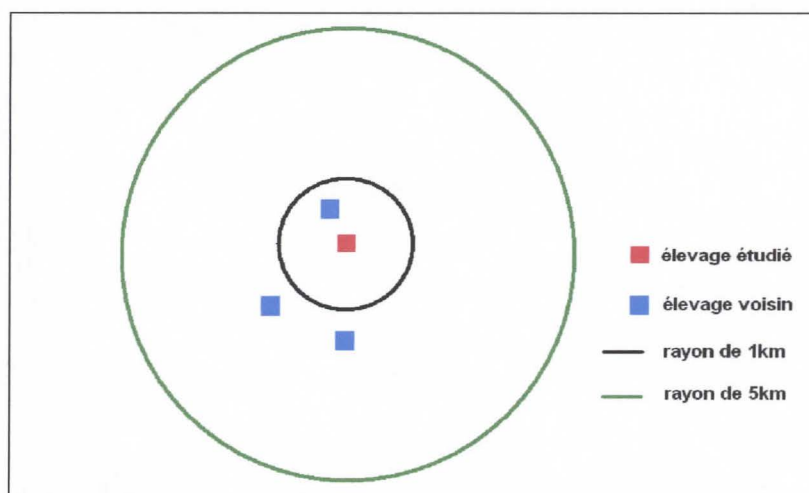


Figure 19 : présence de voisins dans un rayon de 1km et de 5km

D- Les pratiques d'élevage observées : schéma de l'élevage

Ces données proviendront du schéma réalisé pendant les enquêtes. La figure 20 représente un exemple de schéma auquel on pourrait aboutir après simplification des données de terrain. Il sera étendu jusqu'au parcelles (prairies, champs de canne) attenantes, appartenant ou non à l'éleveur.

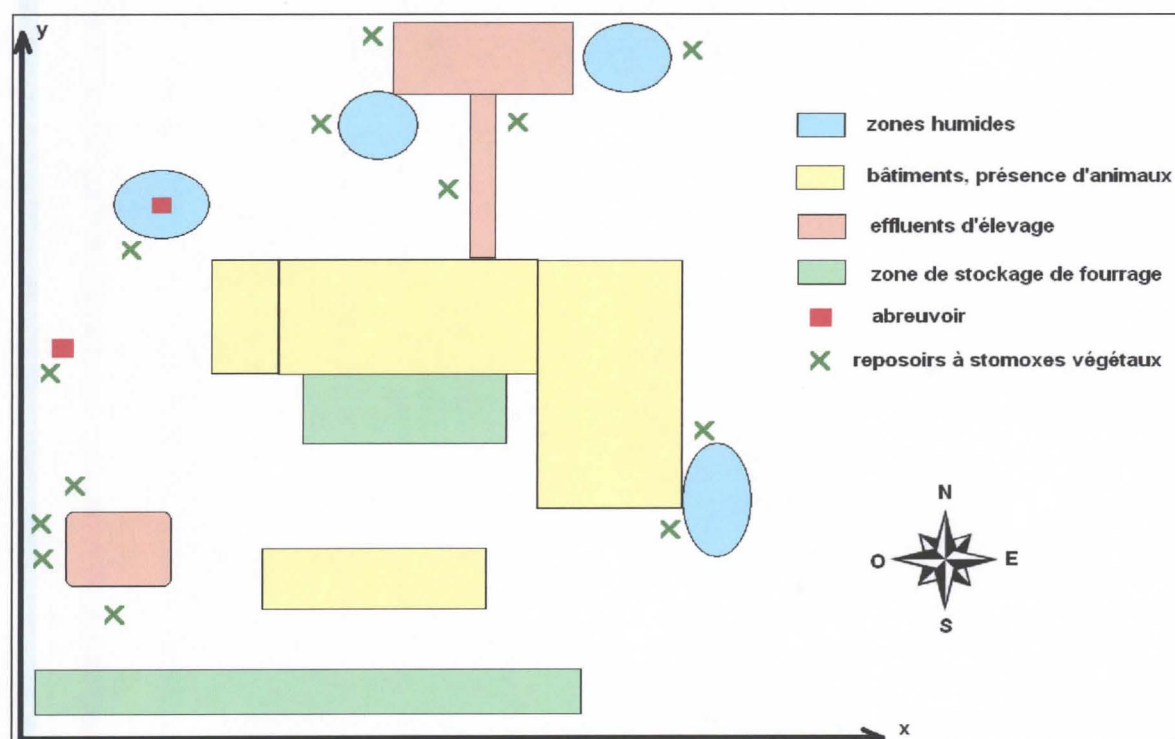


Figure 20 : éléments retenus pour la caractérisation de l'environnement proche d'un élevage laitier

E- Bilan :

Le SIG nous donnera plusieurs informations nécessaires à nos analyses :

- **des informations sur l'environnement direct de l'élevage**, qui nécessite un travail rigoureux de saisie sur le terrain (dessin, évaluation des distances observées, des zones potentiels humides, du nombre de reposoirs...)
- **des informations sur l'environnement à distance de l'élevage**, qui utilisera les strates végétales disponibles et géoréférencées.

Nombre d'élevages laitiers présents dans un rayon de 1km / 5km		
Distance élevage/élevage laitier le plus proche		km
Distance totale des « interfaces cannes » dans un rayon de 1km		km
Aire de canne dans un rayon de 1km		ha
Distance élevage/champs de canne le plus proche		km
Distance élevage/ravine la plus proche		km

IV- Protocole d'évaluation de l'abondance en mouches :

L'abondance des stomoxes sera donc évaluée, **en distinguant les deux espèces**, l'hypothèse étant que certains facteurs influencent la présence de l'une ou de l'autre.

A- Choix de la méthode de piégeage : problème posé

Les **relevés de l'étude** seront définis comme la **capture en stomoxes durant une période de 24h**. Plusieurs mesures seront effectuées au cours de la saison humide dont la moyenne donnera un **indice d'abondance en mouches**.

Etant donné les variations d'abondance relative d'une population de stomoxes au sein d'un élevage, un rythme des relevés a été choisi.

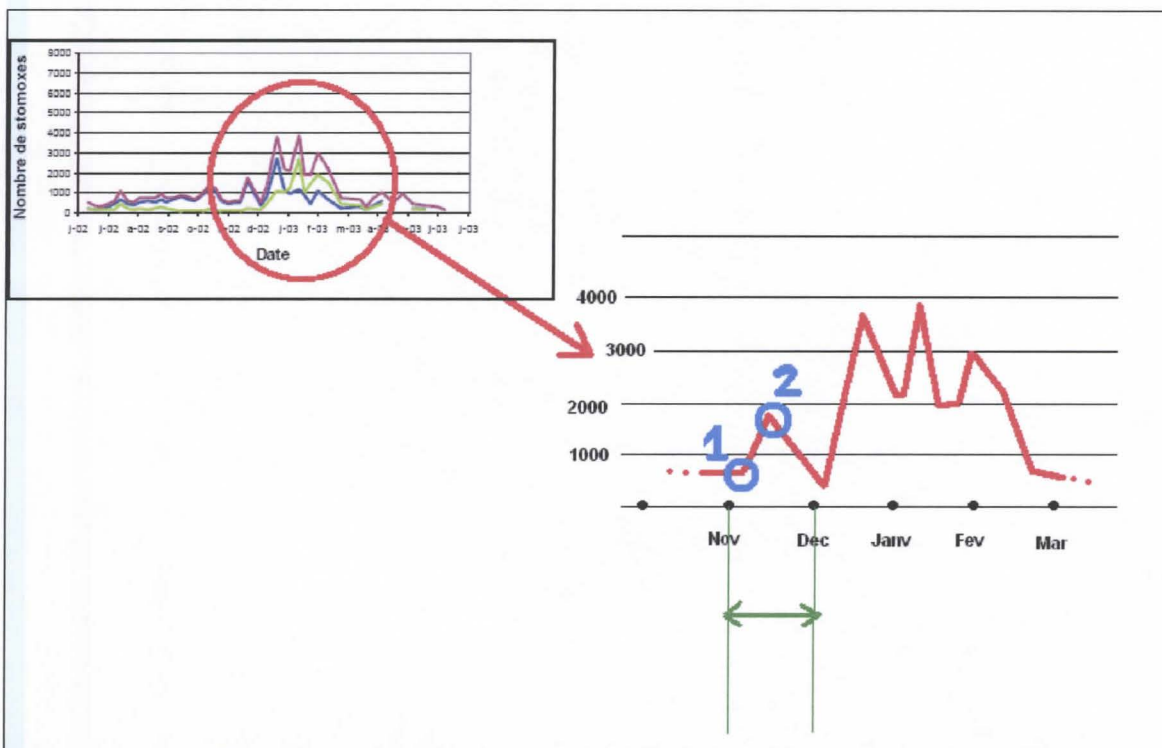


Figure 21 : utilisation des courbes de variation mensuelle en stomoxes totaux (exemple d'un éleveur de l'étude de J. Gilles) pour la détermination de la fréquence des relevés, exemple du mois de novembre 2002

En effet, d'après les relevés de l'étude de Jérémy Gilles (Cléro M., 2004 et Gilles, 2005) l'abondance des deux espèces de stomoxes varie dans le temps (cf. p21 et annexe 3) (Gilles, 2005).

Si on prend un éleveur ayant participé aux travaux de J. Gilles, le détail de la courbe (cf. figure 21) montre en effet des variations importantes. Il avait été au départ décidé de réaliser des relevés mensuels chez les éleveurs, mais ceci est assez risqué : en effet si nous prenons l'exemple du mois de novembre (début de la saison des stomoxes), un relevé chez cet éleveur en début de mois (relevé « 1 » en bleu) ne donnera pas du tout le même résultat d'abondance (800 mouches) qu'un relevé en milieu de mois (relevé « 2 » en bleu) : le résultat d'abondance

est du simple au double (1900 mouches). Les résultats seraient encore plus éloignés pour le mois de janvier.

→ Par contre la moyenne de 2 relevés consécutifs à 15j d'intervalle donnera une meilleure représentation de l'abondance en mouches du mois. On se rapproche ainsi au maximum de la moyenne sur un mois.

Il serait donc intéressant non seulement de réaliser plusieurs relevés, mais surtout de réaliser un **deuxième relevé consécutif au premier 15j plus tard.**

L'abondance en mouche sera représentée par plusieurs relevés, sur une période de trois mois. La moyenne de ces relevés donnera l'indice d'abondance en stomoxes de l'exploitation.

Se pose alors le problème technique suivant :

Comment relever l'abondance en mouches dans 80 élevages, et tous les 15j ? Il serait nécessaire d'évaluer l'abondance chez 8 éleveurs par jour (donc 40 par semaine), par conséquent d'aller rendre visite à 16 éleveurs par jour. En effet, l'éleveur visité à J1 doit être visité à J2 à la même heure pour le relevé. Sur un mois, si on compte 5j et demi de visites par semaine voici les possibilités pour l'organisation de la semaine :

<i>Jour</i>		<i>Solution 1</i>	<i>Solution 2</i>
Lundi	matin après-midi	Pose 1 LIBRE	Pose 1 Pose 2
Mardi	matin après-midi	Relevé 1 Pose 2	Relevé 1 Relevé 2
Mercredi	matin après-midi	Pose 3 Relevé 2	Pose 3 Pose 4
Jeudi	matin après-midi	Relevé 3 Pose 4	Relevé 3 Relevé 4
Vendredi	matin après-midi	Pose 5 Relevé 4	Pose 5 LIBRE
Samedi	matin	Relevé 5	Relevé 5

Tableau 3 : organisation des visites

Avec la solution 1 ou la solution 2, **40 éleveurs** pourraient être visités par semaine. La **solution 2** est préférable, le vendredi après-midi permettant de prendre des rendez-vous avec les éleveurs de la semaine suivante. De plus elle permettrait de réaliser des poses dans les régions éloignées (Hauts de St-Joseph, Hauts de l'Ouest) en dépassant sur l'après-midi du vendredi pour les poses et sur le samedi pour les relevés.

→ Plusieurs méthodes d'évaluation de l'abondance existent, les voici en détail nous verrons ensuite quels sont les avantages et les inconvénients de ces méthodes.

B- Méthodes existantes :

1- coups de pattes : indicateur de l'activité des stomoxes

Le comptage du nombre de coups de pattes est un indicateur de l'activité des stomoxes (prise alimentaire). En effet, si la distinction à l'œil nu entre *Musca* et *Stomoxys* sur l'animal (à distance) est peu aisée, la différence réside dans le comportement de l'animal. La piqûre entraîne des réactions de la part du bovin (Mullens *et al.* 2006) dont la plus visible et parmi la plus fréquente est le coup de patte. Les autres réactions les plus fréquentes sont le frémissement de la peau, coup de tête, coup de queue. Cette méthode a été largement utilisée dans de nombreuses études.

2- nombre moyen de diptères par animal :

Comme son nom l'indique, cette méthode consiste à compter le nombre de mouches présentes sur un côté de l'animal, à le multiplier par deux et par le nombre d'animaux présents. Cette méthode est représentative de l'activité des stomoxes (prise alimentaire). Elle a elle aussi été largement utilisée.

3- captures, recaptures :

Cette méthode a pour but non pas de déterminer l'abondance relative en mouche, mais d'évaluer le nombre de mouches exact de la population présente. Elle repose sur une formule reliant le nombre de mouches capturées au nombre de mouches de la population. En effet il y a une relation proportionnelle entre la population totale (P), la population marquée (M), et la population recapturée marquée (m) et recapturée non marquée (p) (Barré, 1981).

$$P/M = p/m$$

Cette méthode donne une bonne indication à condition d'avoir affaire à des populations de vecteurs isolées et sédentaires. Ceci n'est pas vraiment le cas pour les stomoxes à la Réunion, à part pour certains élevages de zones isolées (Plaine de Grègues notamment).

4- piégeage avec piège à glossines (méthode utilisée durant la thèse de Jérémie Gilles)

En Afrique de l'Ouest, la capture des vecteurs mécaniques (tabanidés et stomoxes) repose surtout sur l'utilisation de pièges destinés aux glossines (Mihok *et al.*, 1995). Les plus connus sont le piège biconique et le piège monoconique (cf. photo1).

A la Réunion, c'est également cette méthode qui a été choisie pour la capture, la lutte et le suivi des populations de stomoxes.

J. Gilles (2001) a testé à la Réunion (de janvier à février 2001) l'efficacité de différents types de pièges (cf. annexe 11). Deux pièges à colle, le piège William (1973) modifié et le piège Broce (1988), dérivé du piège Williams, et deux pièges en tissu, le piège Vavoua et le piège Nzi. Les quatre pièges ont été comparés avec la méthode des carrés latins, méthode permettant de changer les pièges de place tous les jours, de manière aléatoire. Au bout de quatre jours, les pièges ont tous été placés aux quatre endroits différents.

Le piège Broce se révèle être significativement moins efficace dans la capture des stomoxes que les trois autres pièges. Cependant, les pièges Vavoua, Williams et Nzi ne

présentent pas de différence significative dans la capture des stomoxes. Pour des raisons d'entretien et de coûts évidents, le piège Vavoua a été retenu.

Une étude réalisée par Desquesnes *et al.* (2005) au CIRDES a permis de prouver l'efficacité du piège Vavoua par rapport à d'autres pièges en tissu. Elle a été menée pendant deux ans (janvier 2001-décembre 2002) dans une zone où la pression des vecteurs mécaniques (Tabanidés et Stomoxyinés) est très importante (Lahirasso).

Tabanidés			Stomoxyinés	
Piège	Effectif capturé	Pourcentage	Effectif capturé	Pourcentage
Monoconique	6 017	12	5 437	43
Biconique	6 402	13	2 653	21
Nzi	15 733	31	2 519	20
Tétra	22 115	44	2 058	16
Total	50 267	100	12 667	100

Tableau 4 : Résultats des captures de l'étude de Desquesnes et al., 2005

En ce qui concerne les stomoxes, le piège Vavoua (monoconique) a capturé 43% de l'effectif total de stomoxes capturés, contre 21%, 20% et 16% pour les autres pièges. Les résultats du monoconique sont donc excellents.

Ces deux études confirment l'utilisation préférentielle du piège Vavoua pour les stomoxes à la Réunion.

5- piégeage avec fil à colle :

Depuis quelque temps, le GDS utilise pour la lutte intégrée des fils de colle (cf. photo 2), et ces derniers selon les éleveurs sont assez efficaces. Généralement disposés à proximité des animaux, ils piègent les mouches venant pour se nourrir, soit gorgées soit dans l'attente d'un repas. En effet, les fils sont pris pour des **reposoirs**.

Le problème avec cette méthode de capture est qu'elle semble peu séduisante au premier abord (peu esthétique, colle...).

6- avantages et inconvénients de chaque méthode :

<i>méthode</i>	<i>avantages</i>	<i>inconvénients</i>
<i>Coup de pattes</i>	Représentatif de l' activité des mouches	Peu précis en fonction de l'horaire, activité des mouches variable dans la journée Intensité et réaction spécifique de l'individu Méthode chronophage
<i>Nombre moyen de diptères par animal</i>	Idem	Idem + Différenciation stomoxes/mouches domestique hasardeuse
<i>Captures / recaptures</i>	Bonne estimation de la densité réelle	Lourd Méthode chronophage
<i>Piégeage et pesée</i>	Piège Vavoua très efficace pour les stomoxes Pratique Connu des éleveurs	Vent, pluie : impossibilité de poser le piège La pluie augmente le poids des mouches... il faut les sécher avant de les peser Le poids d'un stomoxe est variable d'une espèce à l'autre, du fait des variations morphologiques. Est-ce comparable d'un élevage à un autre en fonction du vent, de l'emplacement, de l'éclairage, du temps... ? Difficilement standardisable pour l'emplacement des pièges
<i>Piégeage et comptage</i>	Piège Vavoua très efficace pour les stomoxes Pratique Connu des éleveurs Méthode employée dans la plupart des études, notamment durant la thèse de J. Gilles. (étude de la dynamique des populations)	Vent, pluie : impossibilité de poser le piège Est-ce comparable d'un élevage à un autre en fonction du vent, de l'emplacement, de l'éclairage, du temps... ? Chronophage (comptage) Difficilement standardisable pour l'emplacement des pièges
<i>Fils de colle</i>	Très rapide Comparable d'un élevage à un autre, standardisable Piégeage proche des animaux Représentatif des nuisances Connu des éleveurs Standardisable	Peu pratique à manipuler Le piégeage diminue si le fil est laissé trop longtemps Méthode non validée à la Réunion Evaluation de l'abondance de l' étable (aire l'alimentation) et non de l'élevage

Tableau 5 : avantages et inconvénients de chaque type de piège

7- Discussion :

- Les trois premières méthodes demandent trop de temps, elles n'ont donc pas été choisies pour notre étude.
- Mullens et Meyer (1987) ont comparé les **captures de *S. calcitrans* dans des pièges à colle** avec des comptages directs sur les vaches en Californie, et ils ont trouvé des variations saisonnières tout à fait semblables.
L'étude de Kaufman et al. (2006) portait sur la mise en évidence de **l'efficacité de piégeage d'un piège à colle** (le Spider Web sticky trap). Elle consistait elle aussi à comparer le nombre de mouches collées aux mouches présentes sur les antérieurs des animaux.
Etant donné l'existence d'études ayant évalué l'efficacité des pièges à colle, et vue l'efficacité constatée sur le terrain en ce qui concerne le « fil à mouches » (obs. pers.), nous avons envisagé d'utiliser cette méthode de capture, utilisée actuellement comme méthode de lutte, pour évaluer l'abondance en mouches d'un élevage. Même s'il n'est pas prouvé que la quantité de stomoxes piégés sur la colle soit corrélée à l'abondance en stomoxes de l'élevage c'est une méthode qui aurait néanmoins le mérite d'être **standardisable**, si on place les fils de colle toujours au même endroit dans les élevages (ex : salle de traite, cornadis, tas de fumier...), chose difficile à respecter avec les pièges Vavoua.
- En ce qui concerne les pièges Vavoua (monoconiques) il s'avère que la variabilité intra-piège est élevée, ceci en partie lié aux fluctuations des populations de stomoxes dans l'environnement. Mais **la variabilité entre les pièges est aussi élevée**, ce qui suppose de prendre des précautions quant à l'interprétation des données de capture dans le temps et dans l'espace (Clero, 2004). Les inconvénients de l'évaluation des densités par les pièges en tissu sont que ces derniers miment l'hôte (théorie de « l'hôte de substitution »), et donc que **le taux de capture peut varier en fonction de la disposition du piège** (Clero, 2004). Les captures reflètent à la fois l'abondance et l'activité des mouches et il est difficile de séparer les deux (Gilles, 2005).
Si les pièges d'élevages réunissant beaucoup de facteurs de pullulation de stomoxes sont mal placés, c'est-à-dire placés loin des attracteurs (cf. ci-dessous), alors que ceux d'élevages « propres » sont placés à proximité des ces derniers, on pourrait aboutir au même indice d'abondance pour des pratiques d'élevage très différentes.
La pose de pièges en tissu suppose donc une grande expérience en entomologie et de nombreux travaux préliminaires (détermination des pièges les plus efficaces et les moins influencés par la présence de bovins). En outre avec les élevages mixtes (veaux, cochons, cabris etc...) présents à la Réunion, le risque est de s'égarer du fait de l'attractivité relative de chaque espèce (cf. partie 1).

Les techniques de piégeages avec les pièges à glossines sont donc plus adaptées aux suivis des variations saisonnières (thèse de J. Gilles) qu'à l'estimation de la densité absolue des insectes.

Il serait donc plus adapté de s'intéresser à l'abondance en stomoxes sur les **bovins adultes du cœur de l'élevage**, c'est-à-dire l'**aire d'alimentation** ou de l'étable.

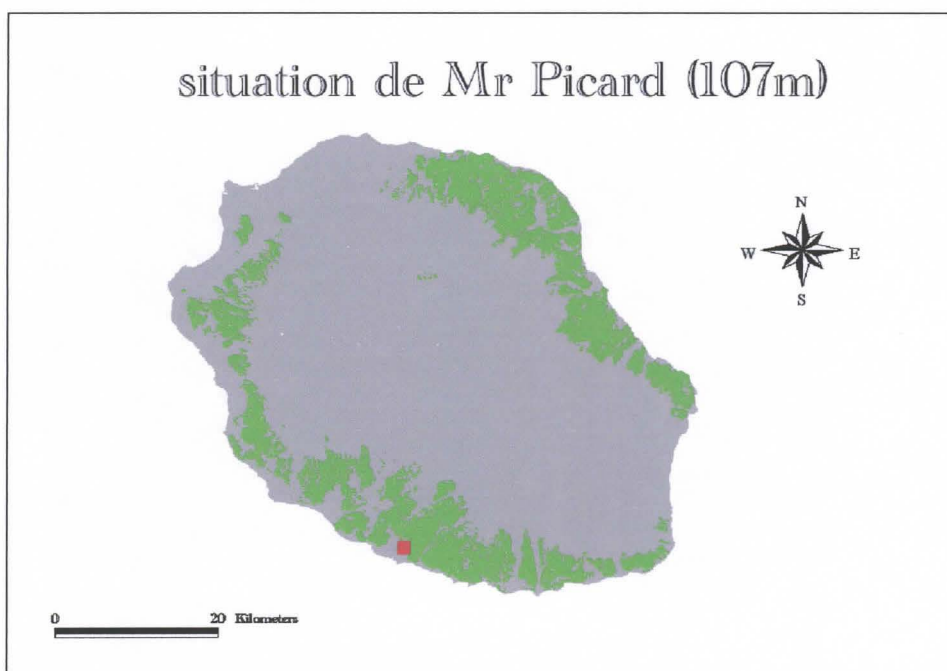
→ Il a donc été décidé de tester **la corrélation entre la capture des pièges et des fils de colle**, et ce sur une première période afin de voir si cette méthode est envisageable.

C- Essai exploratoire des fils de colle : du 27 juin au 12 juillet

Malgré la faible abondance en mouches pendant la période de juillet, nous avons fait un essai exploratoire des fils de colle afin de voir s'il y avait une corrélation entre des pièges disposés dans des endroits stratégiques d'un élevage, et des fils de colle.

Le but est de trouver une méthode alternative d'évaluation d'abondance des mouches dans les élevages, qui soit moins lourde et moins chronophage. (cf. § A)

La ferme où s'est déroulé l'essai se situe à Bassin Plat, près de Saint-Pierre. Nous l'avons choisie car dans les « Bas » de l'île (107m d'altitude) l'activité des stomoxes est continue toute l'année même si moins intense en hiver. De plus cette exploitation est très proche du CIRAD.



1- Objectif :

Tester la corrélation entre le nombre de stomoxes piégés par les pièges Vavoua et le nombre de stomoxes piégé à l'aide du fil de colle.

2- Matériels et méthodes :

→ 10 pièges Vavoua

→ Une bobine de fil de colle : deux poses à deux endroits différents : 4 m au dessus du cornadis (1,80 m au dessus du sol), 4m « côté fumier » (1,20 m au dessus du sol).

Protocole :

Les pièges sont posés le matin à 11h et relevés le lendemain à la même heure. Les fils sont posés : au cornadis (« fil cornadis »), en face du cornadis (« fil fumier »), afin d'évaluer l'abondance de l'étable, c'est à dire ici de l'aire d'alimentation. (cf. figure 22).

→ Tous les jours le nombre de mouches capturées est noté, afin de pouvoir comparer les piégeages à la fin de l'essai.

→ Pour les pièges Vavoua, les mouches sont congelées au préalable 1/2h avant le comptage, en effet, la distinction d'espèce est difficile avec un insecticide, car les dessins de l'abdomen deviennent très sombres.

Premier essai de piégeage :

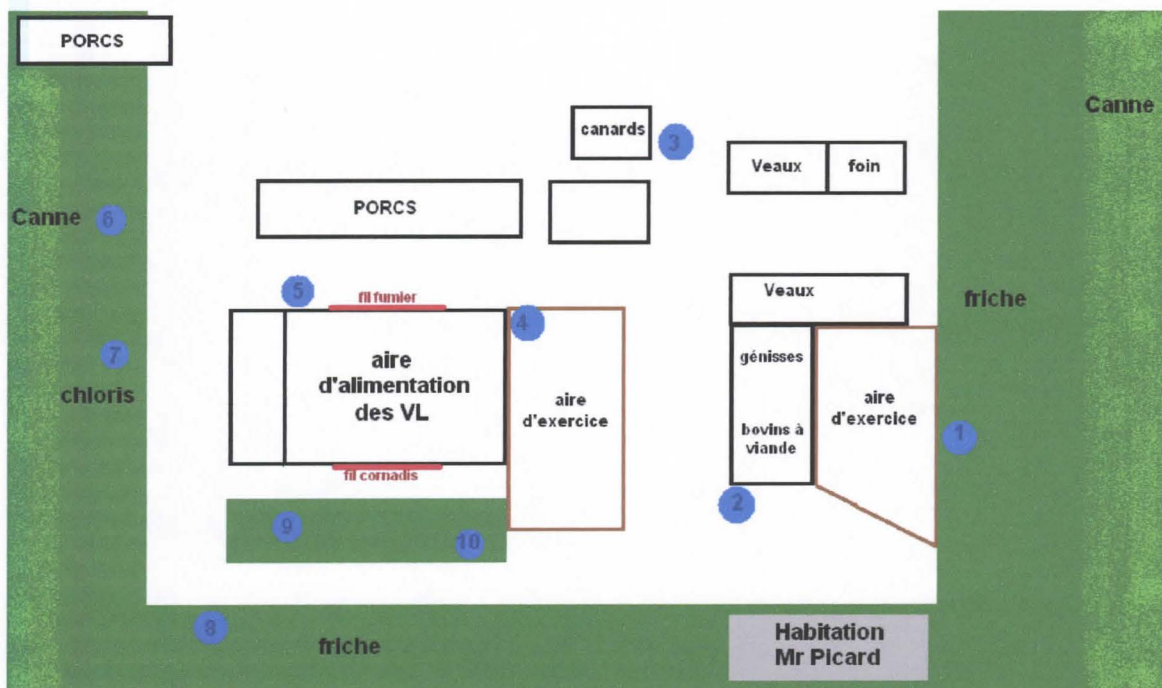


Figure 22 : disposition des 10 pièges Vavoua dans l'exploitation de Mr Picard

La figure 22 représente les 10 pièges Vavoua disposés initialement avant discussion avec un entomologiste. D'après les conseils de M. Desquesnes (comm. pers.), « trop de données tuent les données » et, parmi ces 10 pièges, 6 pièges ont été conservés pour étudier la corrélation (cf. figure 23).

Ceci souligne de nouveau la nécessité d'avoir une bonne expérience en entomologie pour bien positionner les pièges.

Choix des pièges définitifs :

La disposition des pièges doit être telle qu'elle évite un piégeage influencé par la présence des animaux. En effet, l'idéal serait d'effectuer des captures dans l'exploitation en l'absence de bétail, car le passage d'un bovin peut perturber considérablement les taux de capture. Cette situation n'est bien sûr pas envisageable.

→ Les **pièges 1 et 4** sont à côtés d'**aires d'exercice** or le passage d'un lot d'animaux à côté d'un piège **perturbe considérablement la capture**. Ces deux pièges doivent donc être retirés.

→ Le **piège 2** se trouve à côté des **bovins à viande**, or les deux races peuvent avoir des effets attracteurs différents, et il a été décidé de s'intéresser au « cœur » de l'élevage.

→ Le **piège 3** est situé entre les **canards et les veaux**, et serait plutôt à comparer à un fil "veau", or nous cherchons à évaluer la nuisance dans l'aire d'alimentation.

Effectivement, si on regarde de plus près l'évolution des piégeages piège par piège (cf. annexe 12), on remarque que les pièges qui s'éloignent le plus de la tendance sont les pièges 1 et 4, situés à côté des aires d'exercice. Le piège 5 semble s'écarter aussi du lot, mais il n'y a aucune raison de le retirer. Les évolutions des piégeages pour les pièges 2 et 3 suivent le reste du lot, mais ils seront retirés pour les raisons évoquées plus haut.

La figure 23 représente donc les pièges conservés pour la suite de l'essai (repris en septembre après les alizés) et pour le futur protocole (cf. annexe 13). Ils sont les plus représentatifs de l'abondance en stomoxes de l'étable.

L'aire d'alimentation est entourée de 6 pièges Vavoua.

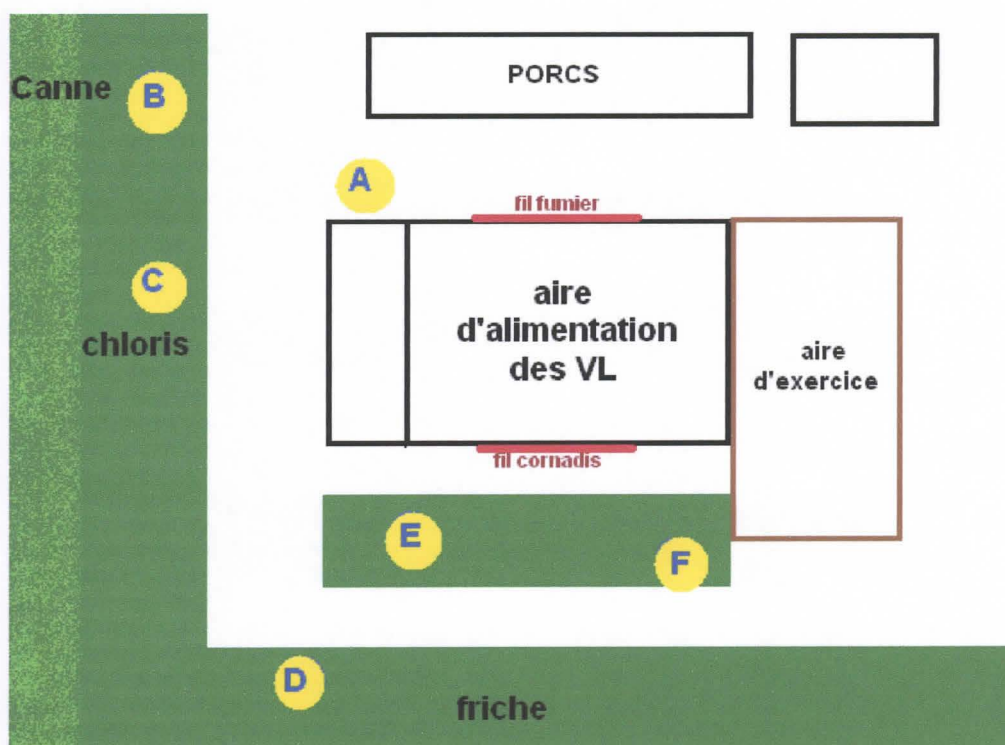


Figure 23 : disposition des 6 pièges Vavoua dans l'exploitation de Mr Picard non influencés par la présence d'animaux

3- Résultats :

Résultats pièges :

Pièges	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Jour 6	Jour 7	Jour 8	Jour 9	Jour 10
A	13	49	39	39	54	25	33	41	28	12
B	29	14	6	0	7	10	10	3	6	2
C	11	7	6	1	10	16	9	3	7	2
D	2	2	6	4	32	23	27	18	17	4
E	45	15	6	2	2	0	0	0	0	1
F	64	18	14	11	64	50	54	11	0	2
Total	164	105	77	57	169	124	133	76	58	23

Résultats fils de colle :

Fils	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Jour 6	Jour 7	Jour 8	Jour 9	Jour 10
cornadis	53	22	19	25	55	28	27	24	10	4
« fumier »	153	67	54	30	117	79	78	27	41	17
Total	206	89	73	55	172	107	105	51	51	21

→ Les captures des pièges ont été ajoutées, ceci correspond à notre **indice d'abondance** pour les pièges, il en est de même pour les captures des fils.

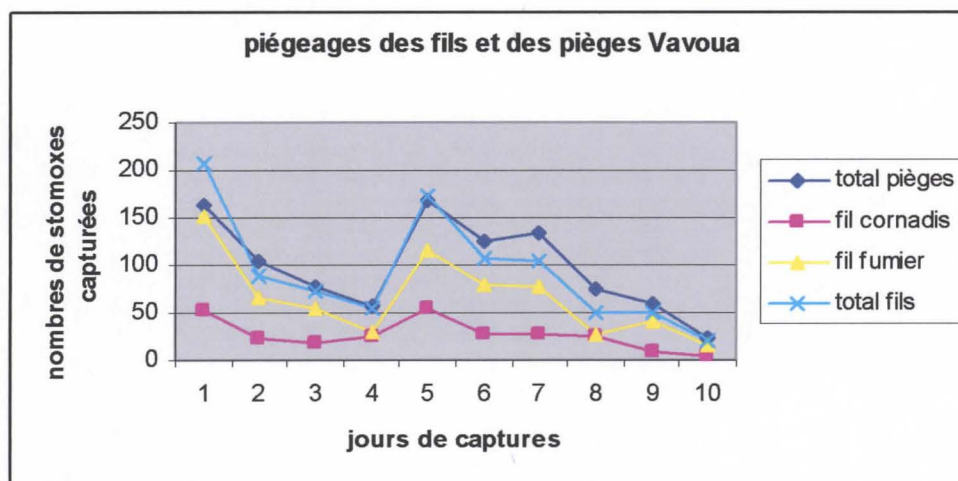


Figure 28 : piégeage des fils et des pièges monoconiques pendant l'essai de juillet

4- Analyses statistiques :

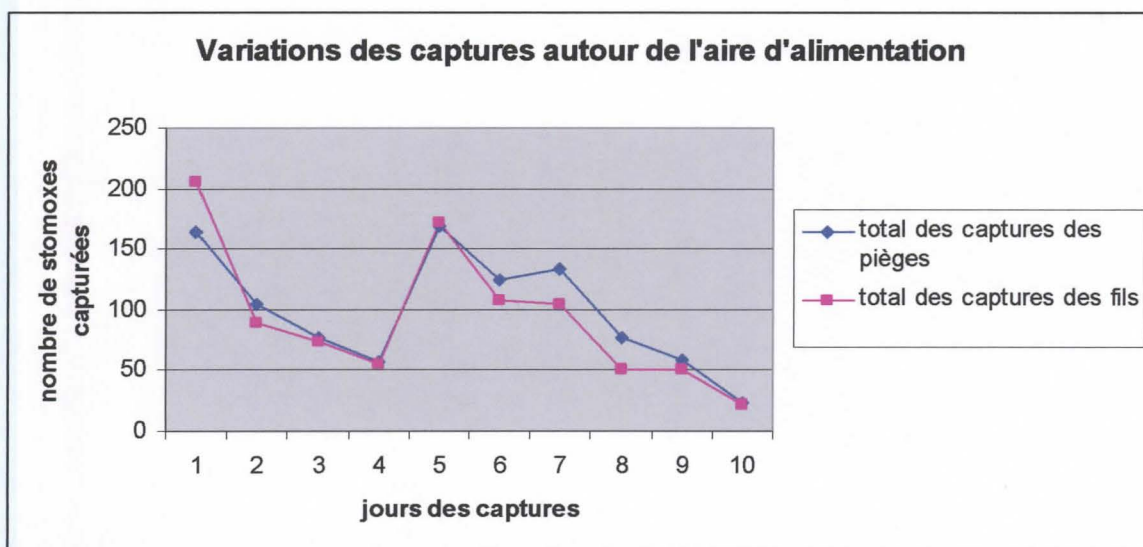


Figure 29

A première vue, le total des deux fils semble donner la meilleure corrélation (figure 28 et 29), le calcul du coefficient de corrélation le confirme :

Coefficient de corrélation pièges / fil fumier 0,93105637

Coefficient de corrélation pièges / fil cornadis 0,90403037

Coefficient de corrélation pièges / total des 2 fils 0,94573034

Il y a donc une **liaison forte** (figure 30) entre les captures des deux fils de colle et les captures des pièges Vavoua, mais également entre chaque fil et le total des captures des pièges.

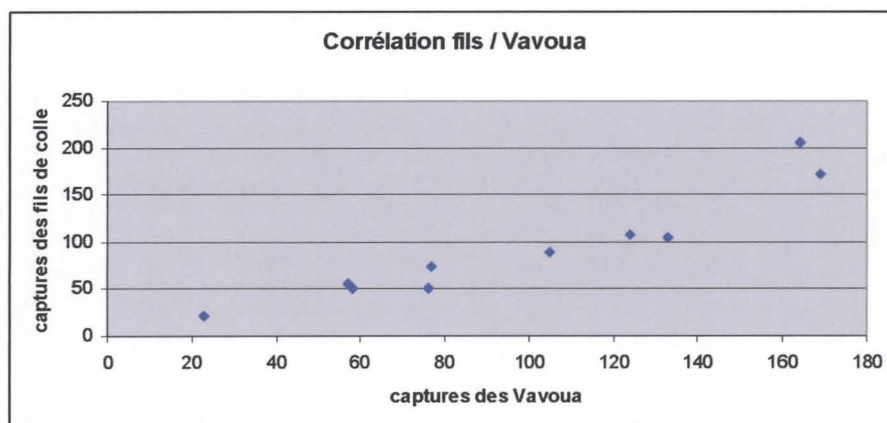


Figure 30

5- Résultats supplémentaires de septembre : du 4 au 14 septembre

Le protocole est le même, les pièges A, B, C, D, E et F ont été placés au même endroit, et le fil « cornadis » a été conservé afin d'évaluer une méthode plus reproductible au sein des élevages.

En effet, ceci permettrait de poser le piège à un endroit standard : au dessus du cornadis.

Les résultats des piégeages sont représentés dans le tableau ci-dessous et la figure 31.
Là encore la corrélation est testée entre le total de la capture des pièges, et cette fois-ci le fil placé au dessus du cornadis.

Pièges	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Jour 6
A	5	2	0	19	22	39
B	2	12	0	12	10	5
C	9	11	5	0	3	0
D	50	86	20	15	25	22
E	2	5	6	4	3	1
F	189	344	118	60	80	35
Total des pièges	257	460	149	110	143	102
Fil cornadis	10	40	5	8	20	10

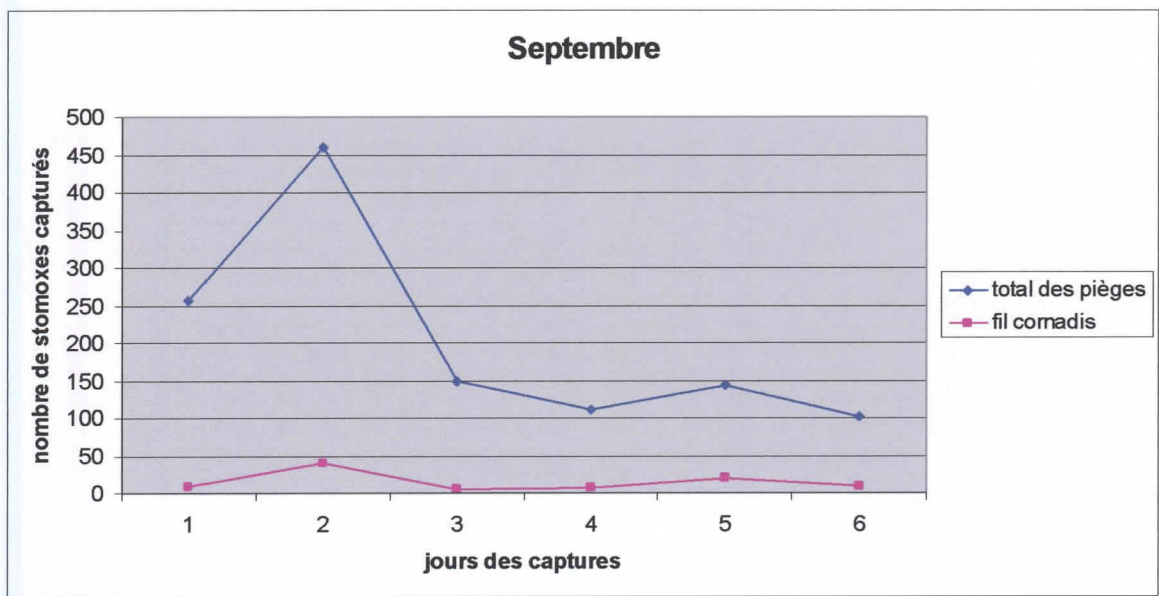


Figure 31

Le test du coefficient de corrélation donne un coefficient de **0,84**.
On a donc toujours une bonne liaison entre la capture des fils et celle des pièges Vavoua.

Pendant l’étude d’octobre (annexe 13), on placera cependant deux fils, comme il avait été fait en juillet, ainsi, s’il s’avère que deux fils sont plus liés à la capture des pièges qu’un seul au cornadis, la méthode de piégeage consistera à placer deux fils opposés dans l’aire d’alimentation.

6- Discussion :

Même si ces résultats semblent séduisants, l'essai a été mené dans un seul élevage, et ce sur une quinzaine de relevés uniquement. De plus, ces expériences, y compris l'essai de septembre, se sont déroulées en période de faible abondance en stomoxes (hiver austral). Enfin, si le nombre de stomoxes piégés par les fils de colle est corrélé au nombre de stomoxes piégés par les pièges monoconiques, ceci ne prouve en rien que ce même nombre est corrélé au nombre de stomoxes venant se nourrir, **la pertinence** de cet essai repose sur **l'hypothèse** que les captures des pièges **qui ont été conservés** reflètent au mieux **l'abondance en stomoxes venant se nourrir**.

Il serait intéressant de mener une étude sur au moins 3 élevages, et ce pendant plusieurs jours à des altitudes différentes, si possible en période de pullulation, dès le mois d'octobre (cf. annexe 13).

Ainsi il nous pourrions évaluer si :

→ **l'hypothèse de corrélation est vérifiée**

→ **un seul fil serait suffisant, la méthode la plus reproductible et répétable étant celle utilisant un fil placé au cornadis.**

Si cette méthode est validée, l'étude sur l'importance des pratiques environnementales reposera sur l'hypothèse que **l'abondance des stomoxes venant se nourrir donne une bonne indication de l'abondance réelle de l'élevage**, l'hématophagie étant le mode d'alimentation principal de ces vecteurs.

B- Le piégeage :

Avec les pièges Vavoua

Les premières poses se feront avec 5 pièges, afin de voir par la suite lesquels d'entre eux ont le mieux piégé (cf. fiche labo annexe 6l et 6m). Ensuite, pour les 2 relevés suivants, nous garderont les pièges capturant le mieux (pièges A et B) et une moyenne de 3 relevés donnera un **indice d'abondance**. Le piégeage avec les pièges en tissu ne permettra pas de réaliser plus que trois relevés.

Les pièges seront placés d'après les critères de la thèse de Clero M. (2004) :

- au **soleil, en zone ouverte**
- près de la **stabulation**
- près de la **fosse à lisier**
- sur un **sol herbeux**
- en **l'absence de végétaux hauts** à proximité du piège

La pose dure 24h.

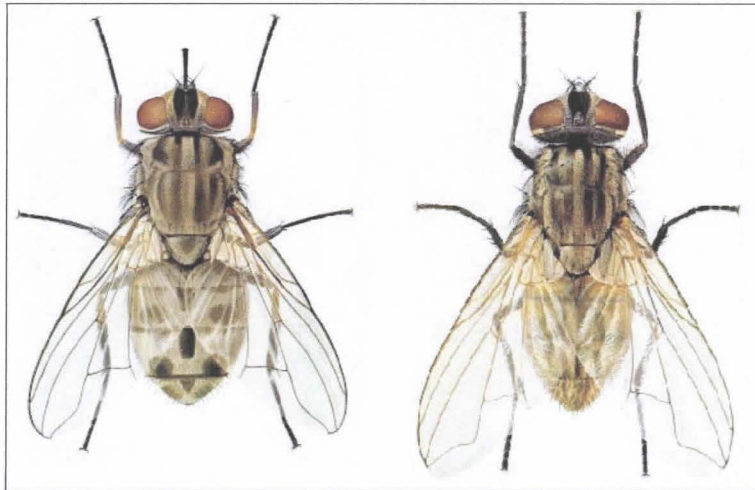
La méthode des fils est retenue

Les fils seront tous placés au cornadis, et 4m seront prélevés et placés dans des boîtes carton. Ils seront fixés à 1,80 m du sol, afin de standardiser la méthode. Six relevés seraient effectués avec la méthode des fils de colle.

La pose dure 24h également.

C- Le comptage :

Le comptage se fait au laboratoire, la méthode utilisée dépendra de la méthode de capture choisie.



*Figure 32 : la distinction à l'œil nu entre Musca et Stomoxys est aisée
(Dessin : Courtezy F. Gregor)*



Photo 5 : tris des 3 espèces principalement capturées par le piège monoconique



Photo 6 : la distinction entre S. niger et S. calcitrans est aisée

Méthode des pièges :

Entre 16 et 40 boîtes (5 pièges puis les 2 pièges les plus efficaces par élevages ; cf. annexe 6l et 6m) devront être comptées chaque soir, avec le nombre de stomoxes totaux et le ratio niger/calcitrans. En effet, on suppose que l'abondance en niger et en calcitrans ne dépendent pas des mêmes facteurs, étant donné que les sites de ponte ne sont pas les mêmes.

Le comptage d'effectuerait donc de la manière suivante :

- Premier tri Musca / Stomoxys : la distinction à l'œil nu est facile (cf. figure 32 et partie 1)
 - Comptage du nombre de stomoxes
 - Mélange des stomoxes
 - Evaluation du ratio niger / calcitrans sur 50 individus si le nombre de stomoxes capturés dépasse ce chiffre (cf. photo 6)
- Détermination du nombre de *S. calcitrans* et *S. niger*

Méthode des fils de colle :

La totalité des deux espèces est comptée directement sur le fil à l'aide de gants, sur 4m de fil.

Partie 3

SUPPORTS DE COLLECTE ET D'ANALYSE MOYENS MATERIELS ET HUMAINS

Le questionnaire d'enquête

-

Analyses statistiques prévues

-

Elaboration de la base de données

-

Matériel nécessaire, moyens humains et matériels

-

Planning prévisionnel 2006/2007

I- Le questionnaire : (cf. annexe 6)

Le support de collecte des informations concernant l'élevage et l'abondance en mouches est représenté par le questionnaire « environnement et stomoxes » et par les fiches « relevés-labo ». La première page du questionnaire permet de visualiser l'éleveur et sa zone du premier coup d'œil. Le questionnaire sera rempli entre octobre et décembre, et complété éventuellement par les fiches « observations pendant les captures » (ex : traitement au Butox®, aménagement de la fosse...). Les fiches labo seront remplies avant chaque séance de comptage.

Ce format papier a été choisi du fait de sa facilité de manipulation sur le terrain. Toutes les informations recueillies seront néanmoins répertoriées et codées dans la base de données au fur et à mesure des visites de terrain (cf. base de données § III).

Enfin, le questionnaire n'est pas fait pour être envoyé aux éleveurs, sa forme a été choisie pour une rapidité de remplissage, et il doit être complété par la même personne chez tous les éleveurs.

II- Analyses statistiques prévues : utilisation de l'analyse des correspondances multiples : (Saporta G. 1990, Escofier B. & Pagès J.)

L'objectif des analyses statistiques est de déterminer les facteurs de variation de l'abondance en stomoxes au sein des élevages bovins laitiers. On souhaite mettre en évidence des profils d'élevage en relation avec l'abondance des stomoxes.

L'ACM (Analyse des Correspondances Multiples) permet d'étudier une population de n individus décrits par p variables qualitatives, elles mêmes divisées en m catégories.

n : élevages bovins laitiers étudiés

p : variables étudiées (cf. questionnaire, et § II partie 2)

m : modalités des variables (exemple : la présence de poules (modalité 5) cf. annexe

6b)

Chaque individu (élevage) est décrit par un ensemble de modalités décrivant p variables. Le codage des modalités est un moyen de transcrire les différentes réponses faites par l'éleveur aux questions de l'enquête.

Avec l'ACM, il sera possible de déterminer une typologie des élevages, c'est-à-dire d'identifier des élevages ayant des caractéristiques et des pratiques d'élevage communes en ce qui concerne la gestion environnementale de l'exploitation. Plusieurs individus seront d'autant plus proches qu'ils auront un grand nombre de modalités de variables en commun. Cette étape permettra également d'identifier et de hiérarchiser les variables clefs impliquées dans la constitution des groupes d'éleveurs (les variables les plus discriminantes).

Lors d'une seconde étape ces groupes seront mis en relation avec la variable décrivant l'abondance des stomoxes mesurée pendant toute la saison des pluies. Il sera alors possible d'identifier les variables les plus impliquées dans l'abondance en stomoxes.

III- Elaboration de la base de données :

Une base de données est le terme informatique désignant un ensemble de données, pour cette étude nous utiliserons le Système de Gestion de Base de Données Relationnelles Microsoft Access.

Elle permettra le stockage des données des 80 éleveurs et l'analyse des résultats.

IV- Moyens humains et matériels :

Moyens humains :

- un VCAT vétérinaire
- un biostatisticien
- un stagiaire

Moyens matériels :

- une voiture pendant la période s'étalant de octobre à février
- 18 pièges Vavoua (cf. annexe 13)
- 4 bobines de 400m de fil de colle, 2 boîtes de gants à usage unique, 160 crochets à vis, 2 compteurs manuels

Ou bien

36 pièges Vavoua si la méthode du fil de colle n'est pas validée.

- 80 questionnaires

V- Planning prévisionnel :

	enquêtes	relevés 1	relevés 2	relevés 3	validation de la méthode de capture	analyse des données	rédaction thèse
octobre							
novembre							
décembre							
janvier							
février							
mars							
avril							

DISCUSSION GENERALE:

L'étude des pratiques de gestion associées à l'abondance des stomoxes débutera en octobre 2006, et un accent sera mis sur le recueil des données environnementales (variables). Le questionnaire est un premier support de collecte, mais un travail rigoureux devra être réalisé au moment des relevés et de l'analyse des résultats (environnement direct de l'élevage, codage des modalités de variables). Le bon déroulement de cette étude reposera donc sur le respect du planning afin de ne pas empiéter sur le temps prévu à cet effet (mars).

Les principales difficultés rencontrées étaient liées au fait que la saison des mouches ne commence que fin septembre début octobre, et que pour cette raison la méthode d'évaluation de l'abondance n'a pu être validée. Pour cette raison, une étude reprenant les principes de l'essai mené en juillet sera conduite durant le mois d'octobre, afin de valider l'utilisation de la méthode des fils, qui reste en terme de reproductibilité et de faisabilité la plus réaliste. En effet, le suivi de l'abondance à l'aide des pièges Vavoua reste très ambitieux, et le choix de garder cette méthode sera pris en dernier recours. S'il s'avère que l'expérience à venir est peu concluante, il faudra garder à l'esprit qu'utiliser les pièges en tissu demandera du temps et des moyens (humains, financiers, logistiques) supplémentaires. De plus, les captures par les pièges Vavoua sont liées à la fois à l'abondance et à l'activité des stomoxes, et ces méthodes d'évaluation sont difficiles à interpréter en terme de densité de population. Evaluer les nuisances exercées sur les bovins dans l'étable, par capture à proximité des vaches laitières, est un bon compromis entre le nombre important d'éleveurs étudiés et la précision souhaitée. Il s'agit, ne l'oublions pas, de « stable flies ».

Les éleveurs ont tous accepté de participer à cette étude et sont très sensibilisés à la lutte anti-stomoxes. Beaucoup sont conscients qu'il est difficile de contrôler la pullulation des « mouches bœuf », et que ces dernières sont associées à des maladies et des pertes de productivité. Les entretiens seront donc très enrichissants et nous apprendront sûrement beaucoup sur les problèmes des stomoxes. La restitution des résultats, même si le nombre d'éleveurs est important, devra être faite. Si cela est possible, une dernière visite le permettra, sinon un courrier avec la situation de chaque éleveur (les captures de leur élevage, leur environnement) leur sera remis. Une restitution a été faite pour l'essai du fil de colle. Elle avait pour objectifs de remercier l'éleveur, lui expliquer nos résultats, et lui dire quels étaient les pièges les plus efficaces dans son exploitation. Elle a été réalisée en août 2006 et il s'est avéré que l'éleveur, suite à cette restitution, a acheté deux pièges Vavoua au GDS et a accepté volontiers de reprendre l'étude en saison chaude.

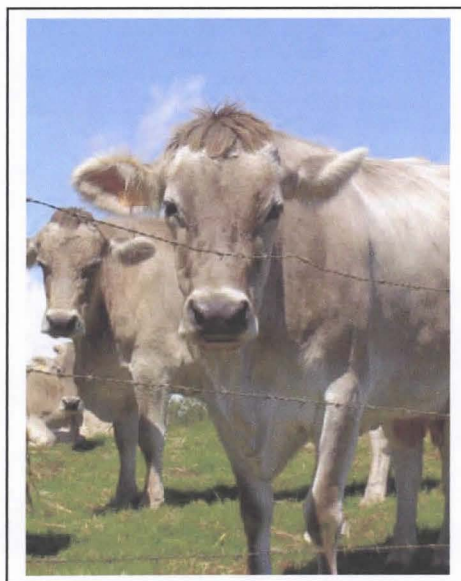
CONCLUSION :

La construction de ce protocole a donc été réalisée en trois étapes : la recherche de variables susceptibles d'être impliquées dans l'abondance des stomoxes, la réalisation du questionnaire pour le recueil de ces variables, et la recherche d'une méthode d'évaluation de l'abondance en stomoxes reproductible et répétable. On a vu que les variables pouvaient être regroupées par « thèmes », elle concernent les animaux présents dans l'exploitation, le logement, l'alimentation, la gestion des effluents, les méthodes de lutte anti-stomoxes employées, et les éléments environnementaux à considérer à la périphérie de l'élevage. La prise de contact, élément nécessaire pour le bon déroulement des enquêtes futures, a également été une étape importante de cette construction.

Toutes ces étapes : recherche des variables, des supports de collecte, des méthodes de terrain... indispensables à l'élaboration du protocole, sont parfois examinées trop rapidement, ce qui dans ce cas conduit à des surprises, des contraintes ou même des échecs durant l'étude.

Ce stage a été très enrichissant, tant au niveau humain, relationnel, que professionnel. L'intérêt de cette étude tient dans le choix du sujet, le nombre d'éleveurs enquêtés et les différents types de supports prévus pour la réaliser.

La partie « terrain », et la partie concernant l'analyse des données, seront certainement riches en enseignements, et les résultats de cette étude pourront faire l'objet d'une thèse de doctorat vétérinaire.



BIBLIOGRAPHIE :

- Barré N.** (1981). Les stomoxes ou mouches boeuf à La Réunion. Pouvoir pathogène, écologie, moyen de lutte. Maisons-Alfort (FRA) - GERDAT - IEMVT: 90 p.
- Barré N.** (1997). Contribution à l'évaluation du programme POSEIDOM de lutte contre les tiques, les stomoxes et les maladies transmises à La Réunion. Rapport du CIRAD-EMVT : 16p.
- Bertile W.** 1987. La Réunion : atlas thématique et régional. Saint-Denis, Réunion, Arts graphiques modernes, 162 p.
- Berry I.L., Kunz S.E.** (1978). Oviposition of stable flies in response to temperature and humidity. *Environmental Entomology* 7: 67-72.
- Blanfort V.** (2000). Le contexte écologique. In: G. MANDRET, L'élevage bovin à la Réunion : synthèse de quinze ans de recherche. Saint-Pierre, Réunion, CIRAD, 35-42.
- Bishopp F.C.** (1913). The stable fly (*Stomoxys calcitrans* L.), an important live-stock pest. *Journal of Economic Entomology*, 6: 112-126.
- Bouyer J.** (2004). Rapport de Mission à l'île de la Réunion. CIRDES : 18 p.
- Clero M.** (2004). Les stomoxes (*Stomoxys calcitrans* et *Stomoxys niger*) dans les élevages bovins laitiers du sud de la Réunion. Thèse de doctorat vétérinaire, Nantes : 133p.
- Camus E. & Uilenberg G.** (2000). « L'anaplasmose », dans *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail en Europe et en Régions Chaudes* de Lefèvre P.C. Edition Tec & Doc, 2 vol. p. 1099-1107.
- Davis A.J., Lawton J.H., Shorrocks B., Jenkinson L.S.** (1998). Individualistic species responses invalidate simple physiological models of community dynamics under global environmental change. *Journal Animal Ecology* 67: 600-612.
- De La Rocque S., Barré N.** (2000). Rapport de mission à l'île de La Réunion réalisée dans le cadre de l'appui au projet POSEIDOM vétérinaire. Rapport du CIARD-EMVT, programme ECONAP : 22 p.
- Desquesnes M., L.Dia Mamadou, Acapovi G., Yoni W.** (2005). Les vecteurs mécaniques des trypanosomoses animales, généralités, morphologie, biologie, impacts et contrôle. Identification des espèces les plus abondantes en Afrique de l'Ouest. CIRDES et CIRAD.
- Devimeux T., Michon A., Evenat Y., Caminade J.L. and Augé. G.** (2000). Le contexte socioéconomique. In: G. MANDRET, L'élevage bovin à la Réunion : synthèse de quinze ans de recherche. Saint-Pierre, Réunion, CIRAD, 43-53.
- Ehrhardt N.** (2006), Etude de l'activité d'une formulation à 50% de deltaméthrine sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion : résistance et rémanence. Thèse de doctorat vétérinaire : 90p.
- Escofier B., Pagès J.** Analyses factorielles simples et multiples : objectifs, méthodes et interprétations : *Dunod*, 3ème éd. 284 p.

Farinet J-L., Hurvois I., Paillat J-M. (2002). Macsizut : un modèle d'aide au choix de techniques de traitement des lisiers de porc. Actes du séminaire des 19-20 juin 2002, Montpellier, France. Cirad, colloques, cédérom.

Foil L.D. and J.A. Hogsette (1994). Biology and control of tabanids, stable flies and horn flies. *Revue scientifique et technique de l'Office International des Epizooties*, 13(4): 1125-1158.

Garros C. 2001. Contribution à l'étude morphométrique et génétique de *Stomoxys calcitrans* (LINNE) 1758 et *S. niger* Macquart 1851, (Diptera : Muscidae) à l'île de La Réunion, Rapport de Maîtrise : 25 p.

Gilles J. (2001). Test d'efficacité de différents types de pièges dans la lutte contre les stomoxes. Introduction à l'étude de la biologie des stomoxes présents à l'île de la Réunion. Mémoire de stage, DEA de parasitologie, Montpellier I et II : 30p.

Gilles J. (2005). Les stomoxes, *Stomoxys calcitrans* et *Stomoxys niger niger* dans les élevages bovins réunionnais. Thèse de Doctorat de l'Université de la Réunion : Biologie des Populations et Ecologie : 135 p.

Gousseff et Lihorean (2002). Résultats d'une analyse des données de gestion des effluents de l'élevage. Dans : Rapport de DEA de Vayssières J. (2004)

Hafez M. and F.M. Gamal-Eddin (1959a). Ecological studies on *Stomoxys calcitrans* L. and *sitiens* Rond. in Egypt, with suggestions on their control. *Bulletin de la Société d'Entomologie d'Egypte*, 43: 245-254.

Hafez M. and F.M. Gamal-Eddin (1959b). On the feeding habits of *Stomoxys calcitrans* L. and *sitiens* Rond., with special reference to their biting cycle in nature. *Bulletin de la Société d'Entomologie d'Egypte*, 43: 291-301.

Hafez M. and F.M. Gamal-Eddin (1961). The behaviour of the stable fly larva, *Stomoxys calcitrans* L., towards some environmental factors. *Bulletin de la Société d'Entomologie d'Egypte*, 45: 341-367.

Kaufman P.E., Rutz D.A., Frisch S. (2005). Large sticky traps for capturing house flies and stable flies in dairy calf greenhouse facilities. *Journal of Dairy Science* 88 : 176-181.

Kunz & Monty (1976). Biology and ecology of *Stomoxys niger* (M.) and *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera, Muscidae) in Mauritius. *Bull Ent Res*, 66, 745-755.

Lefèvre P.C., Blancou J., Chermette R. (2000). Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail en Europe et en Régions Chaudes, Editions Tec&Doc.

Mandret G. (2000). Les grandes mutations de la société réunionnaise. In: G. MANDRET, L'élevage bovin à la Réunion : synthèse de quinze ans de recherche. Saint-Pierre, Réunion, CIRAD, 19-34.

Moutia A. (1928). Surra in Mauritius and its principal vector *Stomoxys nigra*. *Bulletin of entomological Research*, 19: 211-216.

Mullens B.A., Lii K.-S., Mao Y., Meyer J.A., Peterson N.G., Szijj C.E. (2006). Behavioural responses of dairy cattle to the stable fly, *Stomoxys calcitrans*, in an open field environment. *Medical and Veterinary Entomology*, 20 : 122-137.

Mullens B. A. & Six D. L., (1996). *Biological control* 6, 315-323.

Mullens B.A., Meyer J.A. (1987). Seasonal abundance of stable flies (Diptera: Muscidae) on california dairies. *Journal of Economic Entomology* 80 : 1039-1043.

Séguy, E. (1935). Etude sur les stomoxydines et particulièrement sur les mouches charbonneuses du genre *stomoxys*. *Encycl. Ent. B. II, Diptera* 8, pp.15-58.

Sinshaw A., Abebe G., Desquesnes M., Yoni W. (2006). Biting flies and Trypanosoma vivax infection in three highland districts bordering lake Tana, Ethiopia. *Veterinary Parasitology*, doi:10.1016/j.vetpar.2006.06.032.

Skovgård H. (2004). Sustained releases of the pupal parasitoid *Spalangia cameroni* (Hymenoptera : Pteromalidae) for control oh house flies, *Musca domestica* and stable flies *Stomoxys calcitrans* (Diptera : Muscidae) on dairy farms in Denmark. *Biological Control*, 30 : 288-297.

Strasberg D. et al. (2005), révisé par Notter (2006), Lagabrielle et Dupont (2006), Système d'information géographique sur la végétation à la Réunion, UMR53, Université de la Réunion, CIRAD, Mission Parc National de la Réunion, cédérom.

Tillard E., Messad S. (1998). Bilan statistique et épidémiologique des données sérologiques, entomologiques, cliniques et zootechniques du POSEIDOM VETERINAIRE "Eradication des babésioses et de l'anaplasmosse à la Réunion" : CIRAD. 41 p.

Tillard E., Lanot F., Nabeneza S., Bigot C.E. (2000). Les contraintes sanitaires. In: G. Mandret, L'élevage bovin à la Réunion : synthèse de quinze ans de recherche. Saint-Pierre, Réunion, CIRAD, 323-356.

Vayssières J. (2004). L'appréhension des pratiques décisionnelles d'éleveurs par enquête-immersion : cas des activités à l'origine de flux d'azote en exploitations bovines laitières à la Réunion. Rapport DEA, INA P-G : 158p.

Verdet C. (2005). Stratégies de conduite d'exploitations bovines laitières à la Réunion. Approche en terme de gestion des flux d'azote. Rapport de stage, 3A Agro-management ENSAT.

Whittaker J.B. (1971) Population changes in *Neophilaenus lineatus* (L.) (Homoptera: Cercopidae) in different parts of its range. *Journal Animal Ecology* 40: 425-443.

Zumpt F. (1973). The Stomoxyine biting flies of the world. Taxonomy, biology, economic importance and control measures. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 175p.

Références complémentaires :

Andrewartha H.G., Birch L.C. (1954). The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press : 782 p.

Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. (1996). Ecology: Individuals, Populations and communities. Blackwell Scientific Publications, London, U.K.

Bram R.A. 1994 : Integrated control of ectoparasites. *Revue scientifique et technique de l'Office International des Epizooties*, 13 (4) : 1357-1365.

Bonsall M.B. (2004). The impact of disease and pathogens on insect population dynamics. *Physiological Entomology* 29: 223-236.

Meyer J. A., Petersen J.J. (1983). Characterization and seasonal distribution of breeding sites of stable flies and house flies (Diptera : Muscidae) on Eastern Nebraska feedlots and dairies. *Journal of Economic Entomology* 76: 103-108.

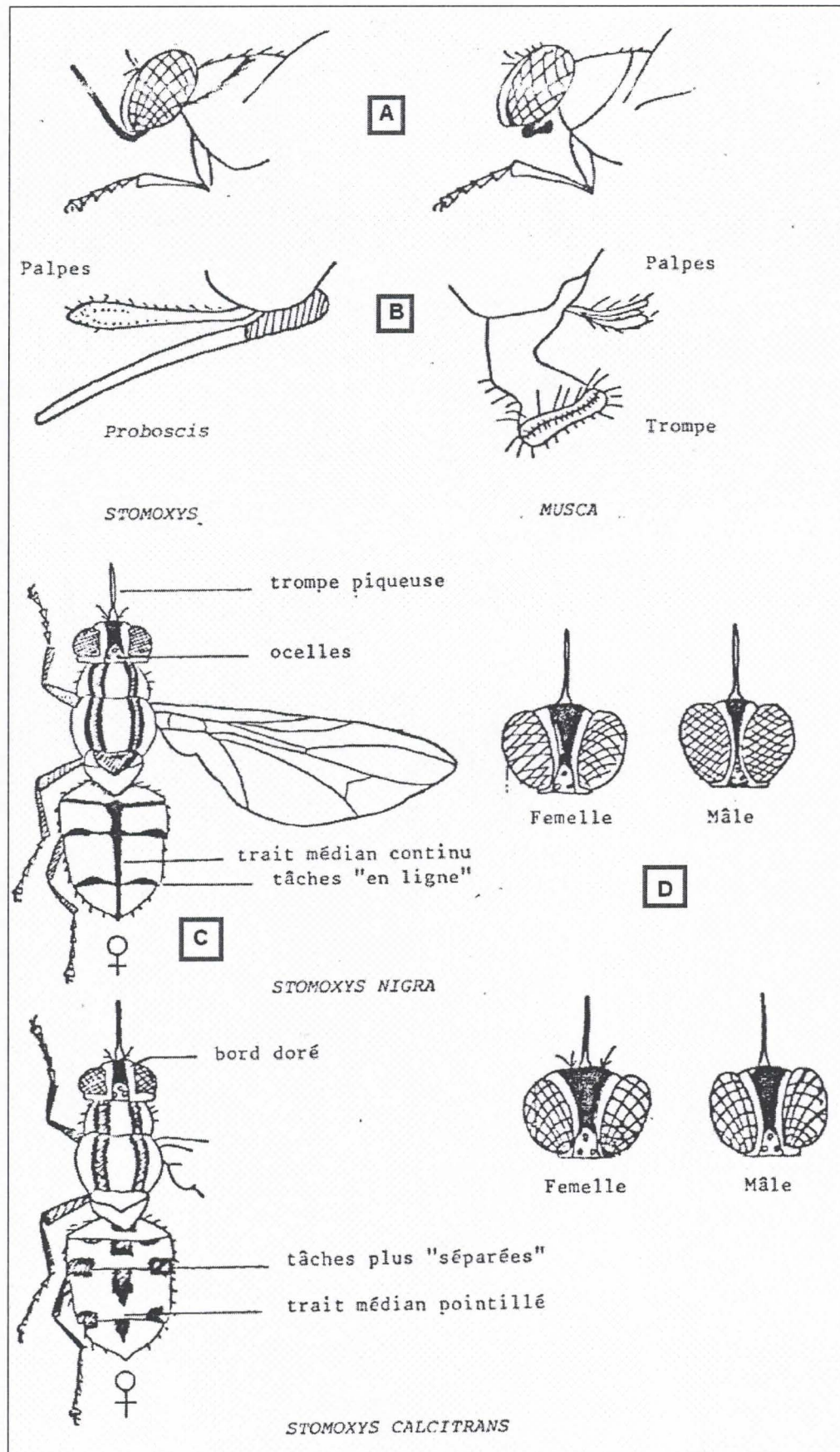
Mihok S., Kangethe L. J. & Kamau G. K., 1995. Trials of traps and attractant for *Stomoxys* spp (Diptera; Muscidae). *J Med Entomol*, 32, 283-289.

Mihok S., O. Maramba, E. Munyoki and J. Kzgoiya. (1995). Mechanical transmission of *Trypanosoma* spp. by african *Stomoxys* spp (Diptera: Muscidae). *Tropical Medicine and Parasitology*, 46: 103-105.

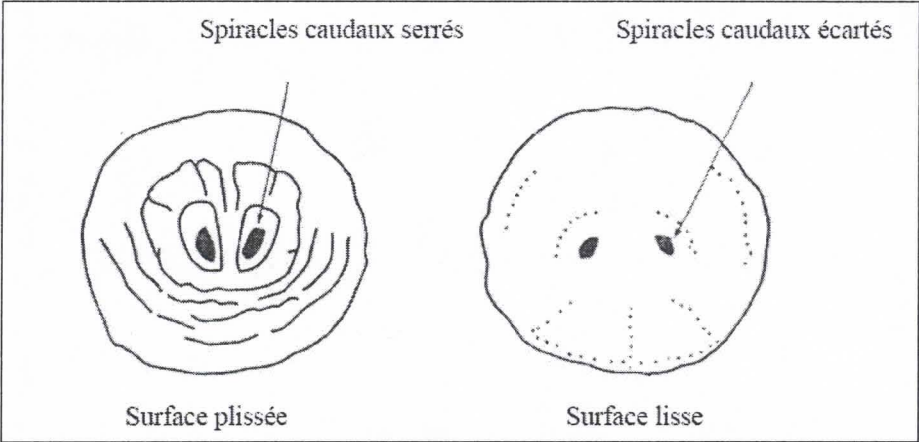
Mullens B. A., in *Biocontrol of arthropods affecting livestock and poultry*. R. S. Patterson, Ed. (Westview Press, Boulder, San Francisco and Oxford, 1990) pp. 231-245.

Potgieter F.T., B. Sutherland and H.C. Biggs. 1981. Attempts to transmit *Anaplasma marginale* with *Hippobosca rufipes* and *Stomoxys calcitrans*. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 48: 119-122.

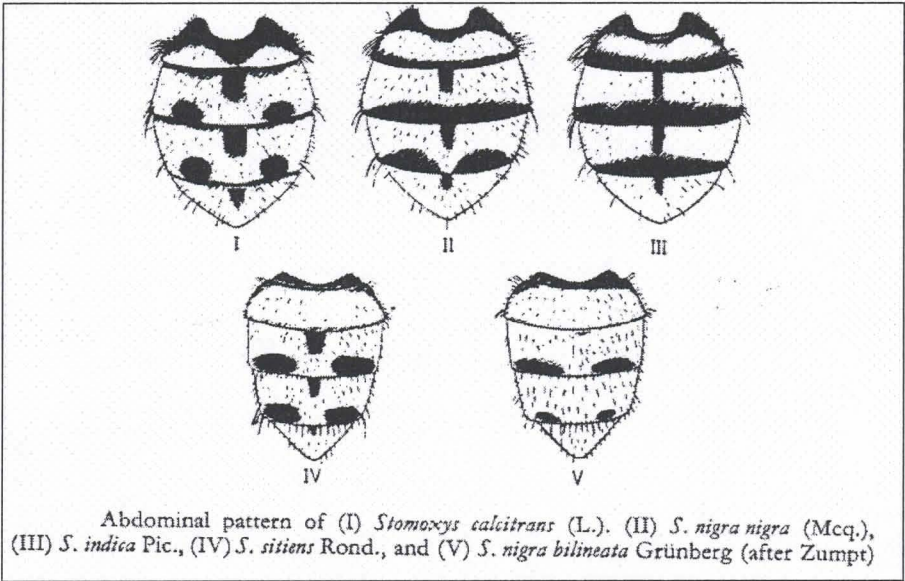
Schofield S., Torr S.J. (2002). A comparison of the feeding behaviour of tsetse and stable flies. *Medical and Veterinary Entomology* 16: 177-185.



Différences fondamentales à retenir concernant Stomoxys, dessin de N. Barré (1981).

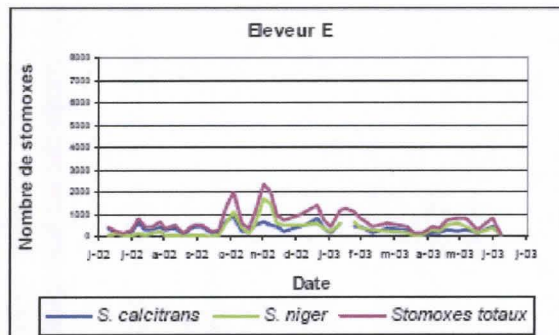


Distinction des pupes de *stomoxys niger* et *stomoxys calcitrans* (d'après Barré, 1981)

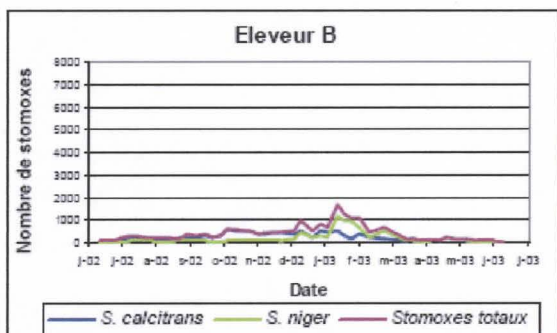
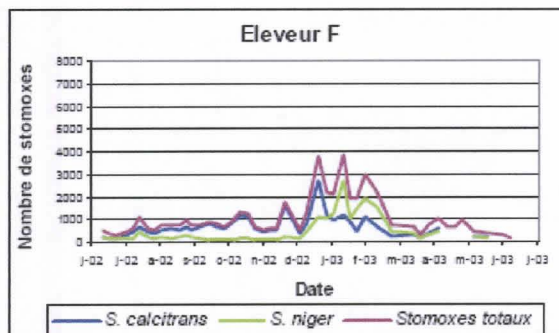


Abdominal pattern of (I) *Stomoxys calcitrans* (L.). (II) *S. nigra nigra* (Mcq.), (III) *S. indica* Pic., (IV) *S. sitiens* Rond., and (V) *S. nigra bilineata* Grünberg (after Zumpt)

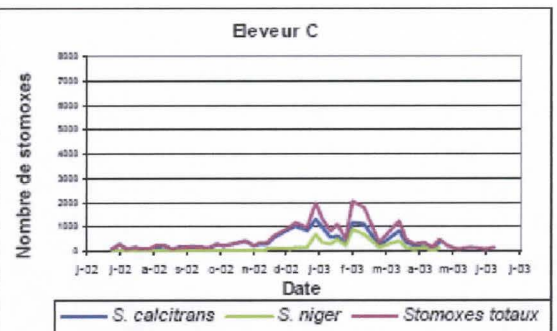
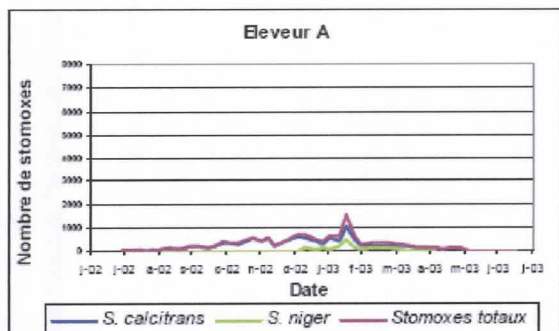
Motifs des tergites abdominaux de Stomoxyinés (d'après Zumpt, 1973)



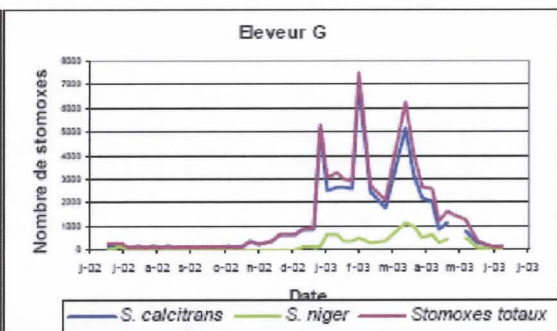
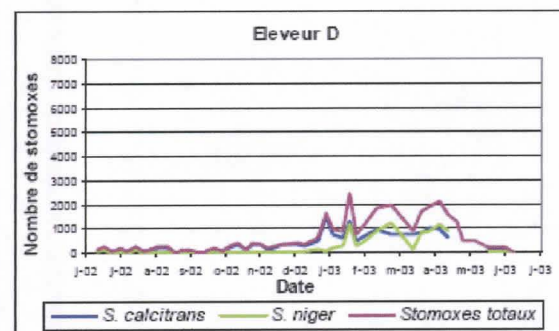
Altitude 1



Altitude 2



Altitude 3



Altitude 4

Variations saisonnières du nombre de stomoxes capturés pendant l'étude de J. Gilles (graphes extraits de la thèse de M. Clero, 2004)

ANNEXE 4 : lettre de rappel

PANNEQUIN Marion
Vétérinaire VCAT
Pôle ELEVAGE
CIRAD REUNION
7, Chemin Irat - Ligne Paradis
97410 Saint-Pierre
marion.pannequin@cirad.fr
tel 02 62 49 92 71
secr 02 62 49 92 02
fax 02 62 49 92 95

À Saint-Pierre,
Le 15 septembre 2006,

Monsieur X,

Le CIRAD pôle élevage de la Réunion vous remercie d'avoir accepté de participer à l'étude sur la mouche bœuf dans les élevages laitiers.

Comme je vous l'ai dit, cette étude portera sur les facteurs environnementaux et les pratiques d'élevage impliqués dans la pullulation des stomoxes.

Vous êtes 80 éleveurs à avoir été choisis au hasard et à avoir accepté de participer à cette enquête, et nous espérons que nous pourrons ainsi apporter aux éleveurs laitiers des informations précieuses en terme de lutte environnementale.

Je vous contacterai prochainement, courant octobre, afin de fixer un rendez-vous pour le questionnaire qui ne devrait pas dépasser 1h.

En ce qui concerne le déroulement de l'enquête, elle s'articule en 3 parties :

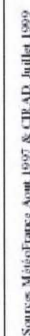
- Octobre - Novembre : discussion sur votre élevage et vos pratiques de conduite d'élevage : alimentation, traitements anti-stomoxes, environnement, effluents... (questionnaire anonyme)
- Novembre - Février : évaluation de l'abondance des mouches dans votre exploitation
- Avril : restitution des résultats (entretien ou bien par courrier)

Veuillez recevoir mes sincères salutations,

Marion Pannequin



Annexe 5



Fiche éleveur**Questionnaire Environnement et Stomoxes
Enquête éleveurs laitiers de la Réunion****Coordonnées :**

Nom :

Prénom :

Adresse :

Tél. :

GSM :

Contrat avec le GRDSBR* :

0

1

Situation géographique :

Village :

Région/Plaine :

Zone* :

1

2

3

4

5

Coordonnées GPS corrigées* :

Climat* :

Station(s) météo rattachée(s) :

Données météo accessibles :

Humidité moyenne annuelle :

Température moyenne annuelle :

Orientation* :

Questionnaire :☐ Complet☐ Incomplet

Manque :

QUESTIONNAIRE ENVIRONNEMENT ET STOMOXES

DATE : / /

HEURE :

Les cases grises sont à renseigner par observation
 * entrées voir fin questionnaire
 Pour tout le questionnaire quand le choix est « 0 ou 1 », 0=non ; 1=oui
 Quand choix multiple avec 0,1,2,3...X sans explication, 0=non/abs puis de 1 à X : du « moins » vers le « plus »

1-Animaux* dans l'exploitation :

Troupeau :

Age*	Nombre	Race*
VL		1 2 3 4
VT		1 2 3 4
G		1 2 3 4
Veaux		1 2 3 4

Autre :

Animaux :

Présence d'autre(s) espèce(s) animale(s) ?

01

	Espèces	Nombre	Habitat, déchets*
1	Cheval, âne		
2	Moutons		
3	Cabris		
4	Porcs		
5	Poules		

2-Logement et environnement :

Surface totale de l'exploitation :		Surface totale du bâtiment :	
Logement principal : aire d'alimentation			
Orientation* :		Ouverture de l'aire d'alimentation :	
		N S E O	
Nombre places cornadis :		Eclairage :	
		Naturel 1 Artificiel 2 Naturel+Artificiel 3	
Type de ventilation :	Haute	0 non	1 sous toit 2 faitière 3 1et2
	Côtés	1 l	2 largeur 3 bardage
		4 L+I	5 L+bard 6 l+bard 7 1+2+3
	Autre	1 porte	
	Agt SF/SC*	0 aucun 1 portes 2 ouvertures amovibles	
Ventilation : Signes observés	Pelage humide :		Odeur ammoniacale : Test briquet* :
	0 1		0 1 2 0 1 2
Nature du sol	Côté alimentation :		Côté animaux :
Rythme de nettoyage :		Présence de résidus alimentaires lors de l'enquête :	
1 tous les jours 2 > 4 fois par semaines 3 < 4 fois par semaines 4 1 fois par semaine ou moins		0 1 → type d'aliment :	

Nature du sol :

TB : Terre battue
 B : Béton
 Hb : Herbe
 Log : Logettes
 Tap : Logettes + Tapis

Abreuvement :			
Type :	1 clapet	2 bac niveau constant	3 autre :
Nombre :	0 insuffisant	1 suffisant	
Répartition étable Abreuvoirs externes :	Accès : 0 1 2		
	Propreté : 0 1 2		
Végétation autour abreuvoirs externes :	0 1 : oui haute 2 : oui basse 3 : oui mais entretenu		
Débordement des abreuvoirs	Externes : 0 1 Internes : 0 1		
Renouvellement de l'eau	1 Automatique		2 Manuel

Stockage des fourrages				
Fourrage concerné				
Nature du sol				
Niveau propreté (1à3)				
Lieu 1 Ext 2 Ext bâché 3 Int				
Dans aire (préciser n°) ou bâtiment isolé (6)				
Surface				
Durée de stockage				

Nature du sol :

TB :	Terre battue
B :	Béton
Hb :	Herbe
Log :	Logettes
Tap :	Tapis

Nature et caractéristiques des différentes aires :

	Local génisses	Aire de repos/couchage	Aire d'alimentation	Aire d'attente	Aire d'exercice
Code aire	1	2	3	4	5
Couverte ? 0 ou 1					
Nature du sol					
Couverture du sol					
Ouverture					
Connexion avec struct. stockage 0 ou 1					
Effluents Fumier 1 ou lisier 2					
Humidité					
Propreté de 0 à 2 app. vis.					
Surface totale (en m ²)					
Nombre nettoyages/mois					
Ventilation (1 à 3)					
Eclairage*					
Distance /aire VL					

Nature du sol :
 TB : Terre battue
 B : Béton
 Hb : Herbe
 Log : Logettes
 Tap : Tapis

Humidité :
 1 très humide
 2 humide
 3 sec

Ouverture :
 1 fermé
 2 ouvert
 3 semi-ouvert

Couverture sol :
 1 Paille
 2 Paille broyée
 3 Copeaux
 4 Fumier sec
 5 Rien

Bovins laitiers : 01
Bovins allaitants : 02
Bovins engrais : 03
Cheval : 1
Porcs : 2
Petits ruminants : 3
Poules : 4

Environnement extérieur (voir aussi p.)

Voisin éleveur	Espèce élevée	Distance / élevage	Si épandage nature des déchets
1			
2			
3			
4			
5			
Canne proche : 0 1	Coupe récente : 0 1	Feuilles laissées au champs : 0 1	

3-Alimentation :						
Fourrages et concentrés						
Aliment	Type	Depuis	Jusqu'à	VL	VT	G

kikuyu	1
canne fourragère	2
Chloris	3
Brome	4
dactyle	5
ray-grass	6
liane de patate douce	7
pailles de canne	8
bagasse	9
melasse	10
Canne à sucre	11
Choux de canne	12
Dreches	13
Autre : écrire	

Type de fourrage :	
Ens :	ensilage (silo/couloir)
Vert :	fauche en vert
Foin :	fenaïson
Pat :	pâturage
Enru :	enrubannage
Rec :	récolte
Conc :	concentré

En ce qui concerne l'enrubannage, une balle ronde est-elle ouverte pour plusieurs jours ?

Nombre de jours :

Lieu de stockage si non renseigné ci-dessus :

Mode de distribution des aliments

Mélangeuse : 0 1

1 Sur le sol

2 Râtelier extérieur couvert

3 Râtelier extérieur non couvert

4 A l'auge

Autre :

Devenir des refus alimentaires

Si refus :	1 laissés sur place	2 Redistribués aux Génisses	3 Redistribués à d'autres animaux	4 Déchets définitifs
Refus alimentaires définitifs	1 Compost Ou en tas dehors	2 Avec le fumier	3 Avec le lisier	4 Epandage

Rythme de nettoyage de l'aire d'alim :

Destination :

ANNEXE 6g

4-Effluents d'élevage :**Fosse**

Fosse à lisier : 0 1	1 Trou dans la terre	2 En dur	
	1 Non couverte	2 Bâche	3 Couverte

La fosse déborde-t-elle de temps en temps ? 0 1

Pourquoi ?

Nature des déchets :	4 Lisier pur	3 Lisier + paille	2 Lisier + résidus alimentaires	1 Lisier + les 2
Présence fumière : 0 1	Surface	Distance / aire ³	Rythme vidange	Epandage proche 0 1

Epandage : sur une année

0 1	Surface de la culture qui reçoit l'épandage :	Intervalle épandage/coupe :
Type de culture :	Quantité d'engrais chimique ajouté :	Distance /aire d'alim :

Couloir d'évacuation :

Coupe de l'herbe (appr. visuelle) :	0 pas d'entretien 1 correct 2 bien entretenu
Entretien de la fosse :	0 1 2

5-Méthodes de lutte :

Etes-vous en contrat avec le GDS ?

0

1

Lutte chimique

0 pas de lutte chimique

Si oui quel produit utilisez-vous ?1 Butox[®], dose :3 Alfacron[®]2 Neporex[®]

4 Autre : préciser :

Quand traitez-vous les animaux ou l'environnement ?

1 Quand les mouches deviennent présentes en trop grand nombre, pourquoi ?.....

2 Régulièrement (à intervalles « réguliers »)

3 Dès le début de la saison, puis d'autres traitements

Quand avez-vous traité pour la première fois de la saison (des mouches) ?**Lutte mécanique**

0 Pas de lutte mécanique

3 Aspersions eau

1 Pièges : nombre =

4 Aspersions essence géranium

2 Fils de colle
lieux de pose :

5 Ventilateurs

Lutte biologique

0 Pas de lutte biologique

1 Lâchers de pupes avec le GDS

Traitement du bâtiment**Traitez-vous le bâtiment (désinfection, désinsectisation) ? si oui depuis quand ?.....**

0 aucun traitement

1 - de 4fois/an

2 + de 4fois/an

FICHE OBSERVATIONS PENDANT LES CAPTURES
RELEVÉ N°
DATE :

Retrait du fumier/lisier récent ?

Quand ?

Débordement de la fosse ?

Quand ?

Traitement chimique des animaux ?

Quand ?

Problème avec capture ?

Observations importantes :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

FICHE SIG ET ENVIRONNEMENT ÉLEVAGE

Sous Arcview :

Nombre d'élevages présents dans un rayon de 1km / 5 km		
Distance élevage/élevage laitier le plus proche		km
Distance totale des « interfaces cannes » dans un rayon de 1km		km
Aire de canne dans un rayon de 1km		ha
Distance élevage/champs de canne le plus proche		km
Distance élevage/ravine la plus proche		km

Plantes observées dans ou à proximité directe de l'élevage :

-bringelier	
-lantana	
-longose	
-manguier	
-tamarin	
-sida sp.	
-autre :	

→ éventuellement « nombre » à renseigner sur schéma élevage

Présence d'Entomophthora : *oui* *non*

Quand :

Orientation aire d'alimentation, cornadis à gauche :

Schéma élevage :

Faire apparaître :

- l'orientation Nord / Sud
- la **fosse à lisier**
- la localisation du fumier
- les **zones humides**
- les zones de stockage du matériel agricole et des fourrages
- les voisins directs
- tous les bâtiments, leur fonction
- les **abreuvoirs**
- les réserves de fourrages et d'alimentation
- la végétation : taille approximative, hauteur, espèce, densité...
- les pâturages (limites côté élevage, distance approximative), prairies de fauche, friches...
- la localisation des pièges
- les plantes observées, la présence de reposoirs

DESSIN DE L'ÉLEVAGE :

FICHE RELEVÉS-LABO : N°1

Date de pose :
Heure pose :
Heure du relevé :
Pluie : oui / non

Piège 1 :

Musca	Stomoxes totaux	S.calcitrans	S.niger

Piège 2 :

Musca	Stomoxes totaux	S.calcitrans	S.niger

Piège 3 :

Musca	Stomoxes totaux	S.calcitrans	S.niger

Piège 4 :

Musca	Stomoxes totaux	S.calcitrans	S.niger

Piège 5 :

Musca	Stomoxes	S.calcitrans	S.niger

→ Pièges conservés : n° et n°
Renseigner sur le plan de l'élevage n°A et B

Problèmes rencontrés ?
.....
.....

FICHE RELEVÉS-LABO : N°

Date de pose :
Heure pose :
Heure du relevé :
Pluie : oui / non

Piège A :

Musca	Stomoxes totaux	S.calcitrans	S.niger

Piège B :

Musca	Stomoxes totaux	S.calcitrans	S.niger

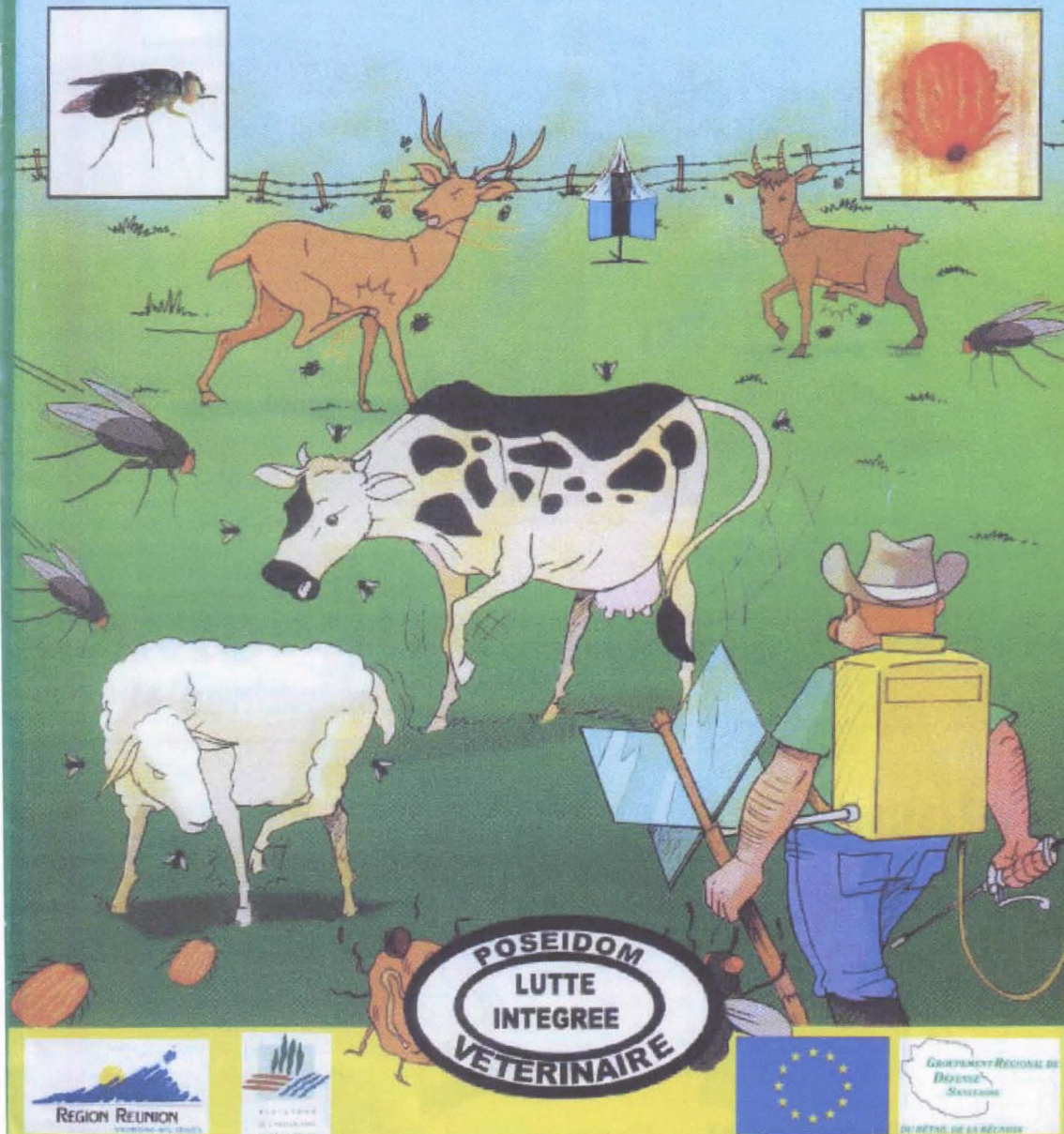
Problèmes rencontrés ?
.....
.....

* Explications :

- **Contrat avec le GSDSBR** : cf. protocole
- **Zone** : zones prédéfinies : cf. carte dans protocole
- **Coordonnées GPS corrigées** : après ou avant l'entretien, on fait le tour de l'aire fréquentée le plus par les animaux (aire d'alimentation + aire de traite + aire d'exercice), puis sous Arcview on détermine le centre de gravité du polygone réalisé. Coordonnées GPS « corrigées » à rentrer dans la base de donnée.
- **Climat** : idée générale, de plus pour chaque relevé réalisé, une moyenne des températures, précipitations et vents seront reportés dans la base de données, afin de tenir compte de ce facteur de confusion.
- **Orientation** : à l'aide d'une boussole, on note l'orientation du bâtiment principal (aire d'alimentation), l'orientation sera prise cornadis à gauche de l'observateur (soit dans la longueur). Il pourra être utile de renseigner l'orientation d'autres modules (logettes...) si le temps et la réalisation du dessin le permettent.
- **Animaux** : le questionnaire ne concerne que la partie de l'exploitation où se trouve les vaches laitières, il existe en effet des exploitations avec des bâtiments non attenants, pour les vaches taries et les génisses.
- **Age** : VL = vache laitière ; VT = vache tarie ; G = Génisse : >1an et non vêlée ; veau <1an
- **Race** : 1 = Holstein ; 2 = Brune des Alpes ; 3 = Normande ; 4 = autre
- **Habitat, déchets** : en deux ou trois mots, à caractériser après le questionnaire
- **Agt SF/SC** : agencement saison fraîche/saison sèche
- **Test du briquet** : flamme normale : ok, la flamme bouge : moyen, le flamme d'éteint : courant d'air forts → 0 = courants d'air importants ; 1 = courants d'air ; 2 = peu de courants d'air, endroit protégé du vent.
- **Eclairage** : 0 = insuffisant ; 1 = moyen ; 2 = satisfaisant

LUTTONS ENSEMBLE!!

CONTRE LES MOUCHES BOEUF ET CARAPATES



POSEIDOM
LUTTE
INTEGREE
VETERINAIRE



INFORMEZ-VOUS AU GRDSBR - 19^{ème} Km - PLAINE DES CAFRES - TEL. 02 62 27 54 07

ANNEXE 8 : contrat avec le GDS, suivi

CALENDRIER D'ACTIONS

☐ renouvellement

N° contrat : _____

Nom de l'éleveur : _____ Date : _____

Piro ces 12 derniers mois : nb cas cliniques : _____ dont importés : _____ Technicien : _____

nb morts : _____ dont importés : _____ Date de la 2nde visite : _____

Problème de : ☐ mouches-bœufs + ++ +++ ☐ carapates + ++ +++ Technicien : _____

Pour limiter les mouches-bœufs et/ou carapates dans votre exploitation, le GRDSBR vous conseille de :

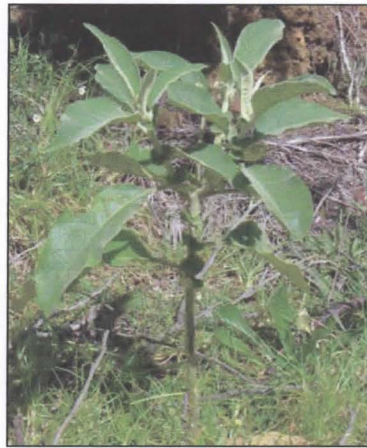
	Fait	à Faire	pts	2 nd visite			Total
				A	B	C	pts
Dans le bâtiment d'élevage :							
désinfection et nettoyage (sols et murs)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
élimination des refus d'alimentation dans les mangeoires	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
éviter les sources d'humidité dans le stock de fourrage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
moyens de lutte (fil à glue, bouteille, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Autour de l'élevage :							
utilisation du (des) piège(s) du contrat d'engagement		<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
nettoyage des abords pour éviter les herbes et arbustes sauvages	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
contrôle de l'humidité pour limiter les zones humides	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Gestion des fumiers et lisiers :							
Fumier							
concentration des sites de ponte (fumier, refus...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
élimination des fumiers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
bâcher le fumier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lisier							
élimination des lisiers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
entretien du couloir d'évacuation des lisiers : coupe de la végétation et vérification de l'état pour éviter les fuites	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
entretien des abords de la fosse à lisier : coupe herbes et arbustes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Traitement							
achat de NEPOREX	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
rythme et posologie du NEPOREX	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lutte Chimique							
respect posologie des pesticides	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
respect application des pesticides	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
quarantaine (21j) et traitement insecticide des animaux introduits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
remplissage du calendrier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans les pâtures (si présence) et/ou aire d'exercice :							
nettoyage autour des abreuvoirs et râteliers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
éviter des hauteurs d'herbes supérieures à 30 cm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
élimination des joncs, touffes, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
déterminer et isoler les zones à risque (clôtures électriques...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TOTAL :							

Heure d'arrivée : _____ Visite 1 : _____ Visite 2 : _____ ☐ Présence de champignon

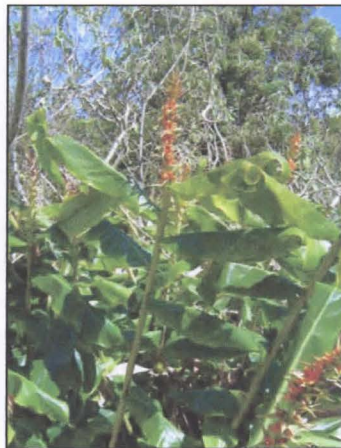
Signatures de l'éleveur		Signatures du technicien	
1 ^{re} visite	2 ^{re} visite	1 ^{re} visite	2 ^{re} visite

Plantes reposoirs à stomoxes, à renseigner lors de l'enquête :

***Solanum* : “bringelier” (arbuste)**



***Hedychium coronarium* : “longose”**



***Lantana* :**

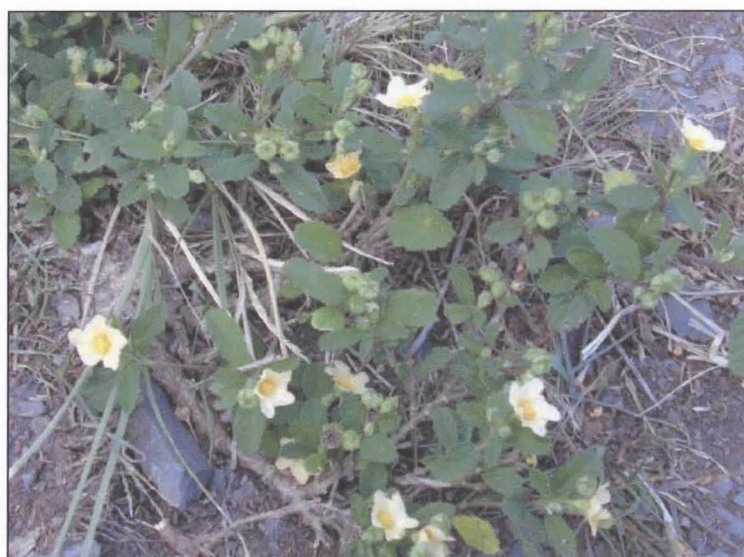


ANNEXE 9b : reposoirs à stomoxes

Tamarin : plusieurs espèces (arbuste)

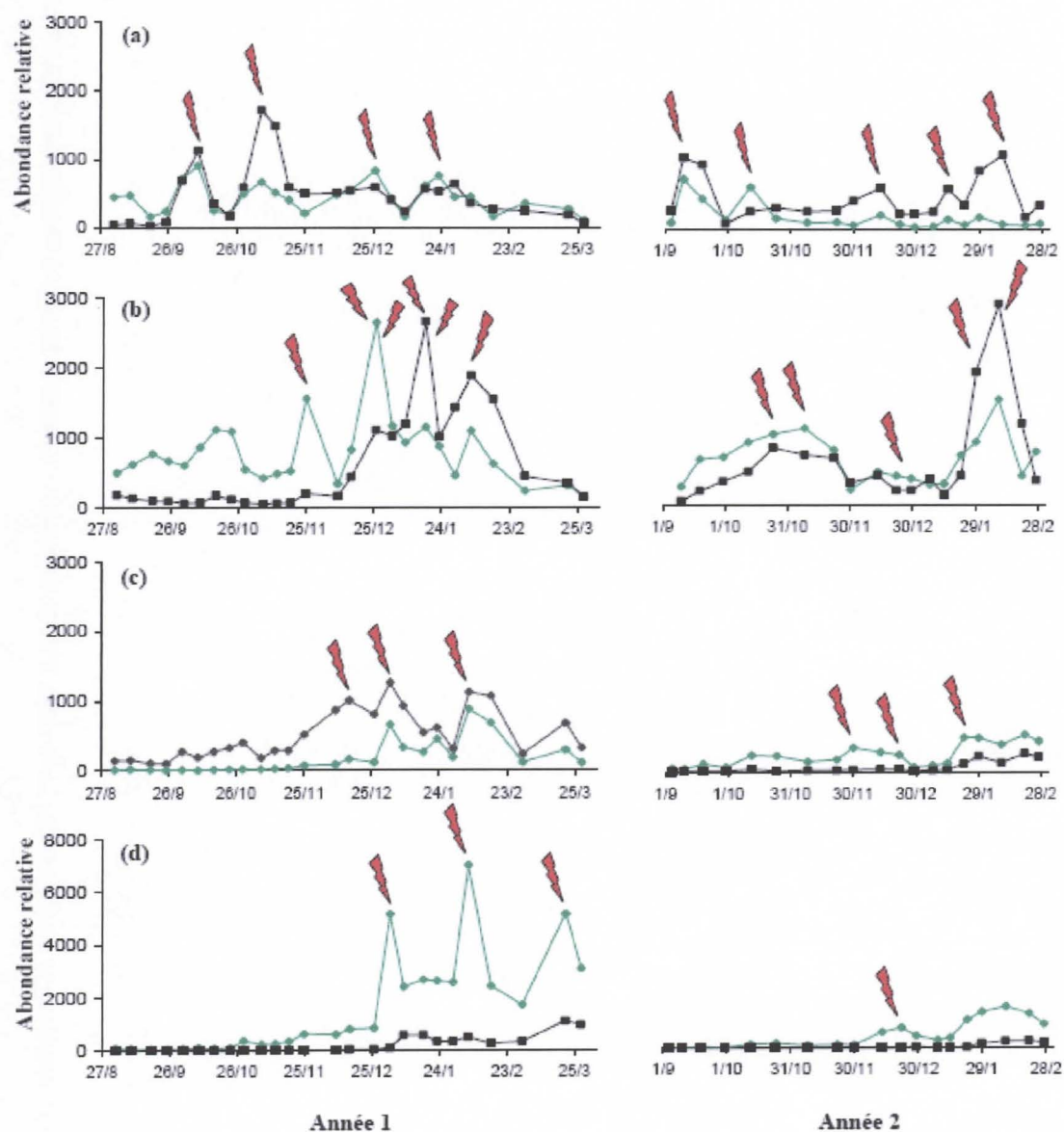


Sida : « herbe dure »



Annexe 10 : influence des traitements et du moment de capture

Traitements insecticides (flèches) et variations d'abondance relatives des stomoxes au cours du temps chez 4 éleveurs (d'après J. Gilles, 2005)



ANNEXE 11 :
Pièges comparés durant l'étude de J. Gilles en 2001
et l'étude de Desquesnes en 2005
(piège Vavoua cf. figure 1)



Piège biconique (photo Desquesnes et al. 2005)

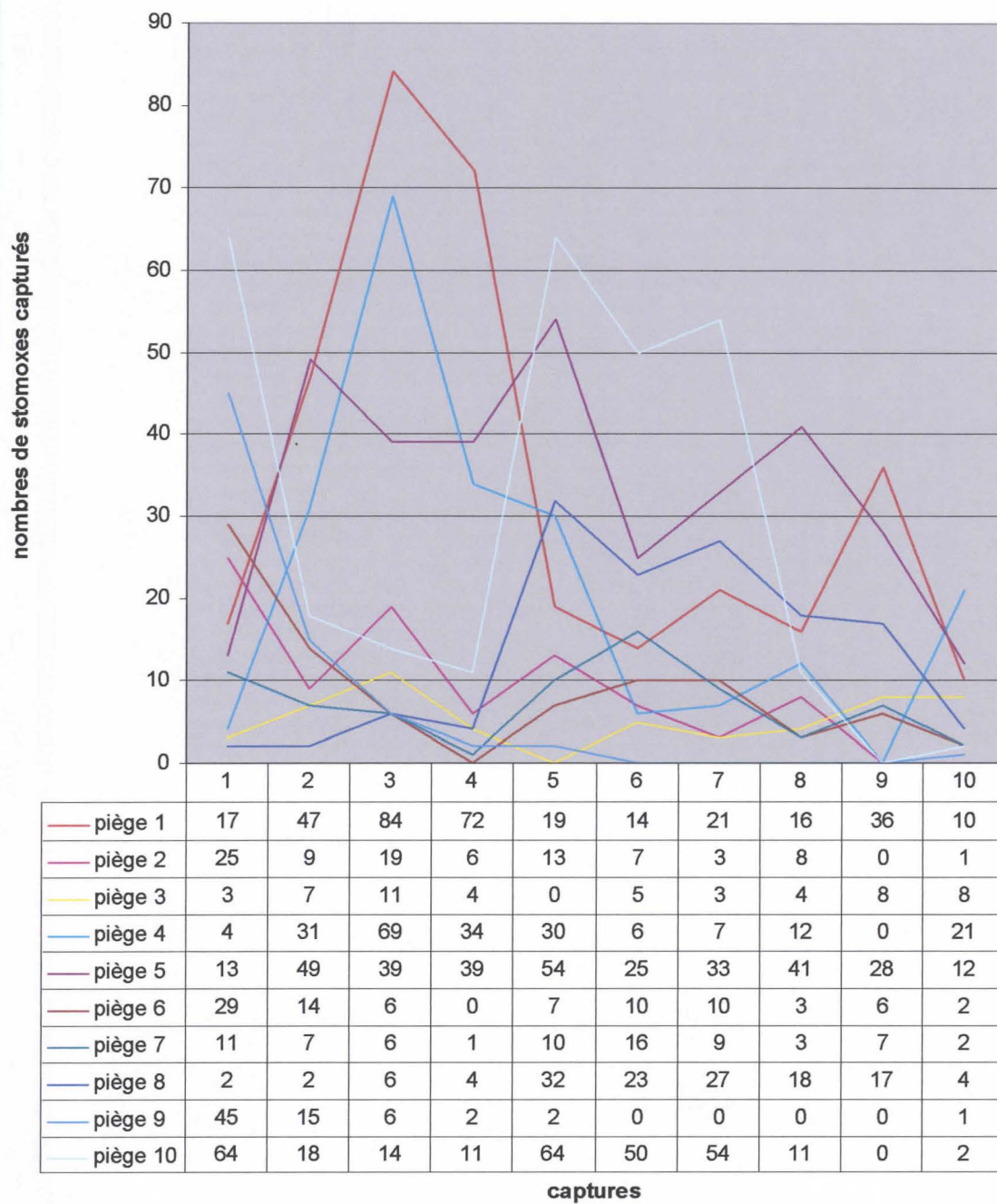


Piège Nzi (photos de Desquesnes et al. 2005)



Piège Tetra

captures réalisées en juillet avec les pièges Vavoua



Protocole prévu pour le mois d'octobre (du 10 au 25 octobre 2006)

Objectifs :

- Confirmer la corrélation entre les captures des fils de colle disposés au niveau de l'aire d'alimentation et les captures des pièges Vavoua, à différentes altitudes, et en période chaude
- Vérifier si l'utilisation d'un seul fil de colle, disposé au dessus du cornadis, serait envisageable

Matériels et Méthodes :

Sites d'étude : 3 élevages bovins situés à trois altitudes différentes

Matériel :

6 pièges dans chaque élevage, donc 18 pièges Vavoua

1 bobine de fil de colle

Protocole :

Jours pairs : capture des stomoxes autour de l'étable avec les pièges Vavoua

Jours impairs : capture des stomoxes dans l'étable avec les fils de colle

Durée : 10 j

Point important : réflexion sur la disposition des pièges (cf. § IV C partie 2)

Analyses :

Test du coefficient de corrélation.